

**Univerzita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**

**Hluk v dopravě se zaměřením na tramvajový provoz**

**Lubor Švarcer**

**Bakalářská práce**

**2011**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lubor ŠVARCR**  
Osobní číslo: **D07433**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury - Ochrana životního prostředí v dopravě**  
Název tématu: **Hluk v dopravě se zaměřením na tramvajový provoz**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

### **Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

Cílem bakalářské práce je analýza hlukových emisí při průjezdech vybraných vozidel - tramvají na konkrétním traťovém úseku. Naměřená data budou analyzována a výstupem práce bude srovnání hlukových emisí různých vozidel na shodném traťovém úseku.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] SMETANA, C. A KOL. Hluk a vibrace - měření a hodnocení. 1. vydání. Praha: MMT, 1998. 188 s. ISBN-80-901936-2-5.
- [2] ČSN EN ISO 3095. Akustika - Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly. Praha : Český normalizační institut, 2005. 32 s.
- [3] NV 148/2006. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Praha : Český normalizační institut, 2006. 13 s.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Musil, Ph.D.**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2011**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



Ing. Ivo Šeřík, Ph.D.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2011

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 25. května 2011

Lubor Švarcr

## Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval ing. Michalu Musilovi, Ph.D. za jeho trpělivost a čas, který mi věnoval, Dopravnímu podniku Praha a.s., jmenovitě panu Jaroslavu Jandovi za poskytnutí studie „Lokalizace zdrojů hluku tramvají“ a firmě Ekosoft. za poskytnutí naměřených dat.

## **Anotace**

Předmětem bakalářské práce „Hluk v dopravě se zaměřením na tramvajový provoz“ je problematika hluku, zejména v souvislosti s tramvajovou dopravou v Praze. Teoretická část práce se zabývá definicí hluku, jeho negativními účinky na lidské zdraví i životní prostředí, legislativní úpravou, jeho měřením i hlukem a protihlukovými opatřeními se vztahem k tramvajové dopravě. Praktická část se pak věnuje jednotlivým typům tramvají, výsledkům měření jejich hlučnosti v různých rychlostech a vyhodnocení tohoto měření.

## **Klíčová slova**

hluk, doprava, negativní účinky hluku, tramvaje, měření hluku, protihluková opatření

## **Title**

Noise in traffic with a view to trams

## **Annotation**

The subject of the thesis “Noise in traffic with a view to trams” is the noise problem, especially in connection with tram traffic. Theoretical part of the thesis consider the noise definition, its negative effects to human health and environment, legislative treatment, noise measurement as well as noise and anti noise measures of the tram traffic. Practical part is engaged in individual tram types, results of measurement of its noise level in different speeds and evaluation of this measurement.

## **Keywords**

noise, traffic, negative effects of noise, trams, noise measurement, anti noise measures

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Co je to hluk – základní pojmy</b> .....	<b>10</b>
<b>3. Negativní účinky hluku</b> .....	<b>11</b>
<b>4. Legislativní úprava</b> .....	<b>15</b>
4.1. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví .....	16
4.2. Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací .....	17
<b>5. Zdroje hluku</b> .....	<b>22</b>
<b>6. Měření hluku</b> .....	<b>23</b>
6.1. Zjišťované údaje .....	23
6.2. Metodický návod ministerstva zdravotnictví ze dne 11. 12. 2001 pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí .....	23
6.3. Monitoring hluku .....	27
<b>7. Hluk v dopravě a protihluková opatření</b> .....	<b>30</b>
7.1. Hluk v železniční dopravě .....	31
7.2. Protihluková opatření .....	34
<b>8. Cíl práce</b> .....	<b>36</b>
<b>9. Typy měřených tramvají</b> .....	<b>37</b>
9.1. T3R.P (T3 Rekonstrukce, výzbroj Progress) .....	37
9.2. T3R.PLF (T3 Rekonstrukce, výzbroj Progress, Low floor) .....	38
9.3. T3SU .....	38
9.4. T6A5 .....	39
9.5. KT8D5 .....	39
9.6. KT8D5.RN2P .....	40
9.7. 14T .....	40
<b>10. Vlastní měření</b> .....	<b>42</b>

<b>11. Vyhodnocení měření.....</b>	<b>43</b>
<b>12. Výpočty a jejich rozbor.....</b>	<b>44</b>
12.1. T6A5 .....	47
12.2. 14T .....	47
12.3. KT8D5.....	48
12.4. T3R.P .....	49
12.5. T3SU .....	49
12.6. T3R.PLF.....	50
12.7. KT8D5.RN2P.....	50
<b>13. Vyhodnocení výsledků.....</b>	<b>51</b>
<b>14. Závěr.....</b>	<b>52</b>
<b>Použité informační zdroje .....</b>	<b>53</b>
<b>Seznam tabulek, obrázků a grafů.....</b>	<b>56</b>
<b>Přílohy.....</b>	<b>57</b>
Grafické znázornění naměřených hodnot jednotlivých typů tramvají [32] .....	58
Nejvýznamnější zdroje hluku jednotlivých typů tramvají [32] .....	62



## 1. Úvod

Hlučnost našeho prostředí neustále narůstá s tím, jak narůstá lidská činnost. Člověk a jeho aktivita, především pak doprava, jsou největším zdrojem hluku. Zejména v Praze, oblasti s vysokou koncentrací obyvatel a dopravy na relativně malé ploše, žije nejvíce obyvatel dotčených nadměrným hlukem, který negativně působí na lidské zdraví a životní prostředí jako takové. Hlavní město se sice snaží hlukové zátěži čelit řadou protihlukových opatření, nicméně efekt těchto opatření je na druhé straně kompenzován stále rostoucí intenzitou dopravy, takže z dlouhodobého hlediska se situace jako celek příliš nezlepšuje.

V centru města, tedy hlukem vysoce zatížené oblasti, zajišťují povrchovou dopravu převážně tramvaje. Ty sice mohou být považovány za ekologické, pokud se jedná o absenci výfukových emisí, představují však významný zdroj hluku. Během let jsme svědky obměny vozového parku Dopravního podniku – v ulicích vidáme stále novější (popř. zrekonstruované) tramvaje. Je hledisko snižování hlukových emisí v tomto procesu zohledňováno? Mají nové vozy lepší parametry než jejich předchůdci? Toto se pokusím v mé bakalářské práci analyzovat.

## 2. Co je to hluk – základní pojmy

Jako hluk se označuje jakýkoliv nepříjemný, rušivý nebo dokonce škodlivý zvuk. Neexistuje však objektivní definice hluku jako takového, protože to, zda je pro někoho zvuk obtěžující nebo nepříjemný, je záležitostí individuálního vnímání. Nicméně z fyzikálního hlediska lze definovat alespoň zvuk – a to jako mechanické vlnění v pružném prostředí, které se od zdroje šíří pomocí zvukových vln. Je možno ho charakterizovat prostřednictvím těchto veličin: frekvence, intenzita, dále také akustický tlak, akustická rychlost a vlnová délka.

Nejvýznamnější a nejčastěji používané pro měření hluku jsou tyto: frekvence a intenzita. Zatímco frekvence je dána rychlostí kmitání částic v prostředí, kde se zvuk šíří a určuje, zda je schopno lidské ucho zvuk vůbec zachytit – slyšitelný zvuk se pohybuje v rozmezí cca 16 Hz až 20 kHz, intenzita je určena jako zvuková energie dopadající na jednotku plochy za jednotku času udávaná v decibelech (dB), přičemž práh sluchu, tedy nejslabší slyšitelný zvuk se u zdravého člověka pohybuje kolem 10 dB a práh bolesti, tedy zvuk vyvolávající bolestivý pocit, kolem 130 dB.

Zde bych rád zdůraznil rozdíl mezi intenzitou a hlasitostí zvuku – hlasitost je na rozdíl od intenzity zvuku zcela subjektivní veličina, která je určena velikostí akustického tlaku působícího na sluch. Stejně tak k subjektivním charakteristikám zvuku patří i výška a barva zvuku, které se opět mohou individuálně lišit. Z důvodu toho, že zvuk, resp. hluk, je charakterizován jak objektivními, tak subjektivními veličinami, je nutné pro měření a identifikaci hluku stanovit zcela jasná kritéria a postupy měření, protože nejen měření samotné, ale zejména vyhodnocení naměřených údajů, může ovlivnit hodnocení hlukové situace jako takové.

Pokud přejdeme k základním pojmům při měření samotném – je důležité rozlišovat akustické emise a imise. Akustické emise představují akustickou energii vyzařovanou zdrojem zvuku do okolí, imise pak souhrn veškerého zvuku v daném prostředí. Podle účelu můžeme tedy měření dělit na měření emisí, např. hlučnosti určitého stroje, a měření imisí, tj. měření celkového hluku v prostředí, např. na pracovišti, přičemž při hodnocení se zaměřujeme na charakteristiky důležité pro posuzování akustické kvality prostředí a působení hluku na člověka – tj. hladina akustického tlaku, ekvivalentní hladina akustického tlaku, kmitočtové složení zvuku, časový průběh, impulzní či neimpulzní charakter a některé další.

### 3. Negativní účinky hluku

Proč vlastně bychom měli akustické emise, resp. hluk vlastně sledovat – důvodem je řada negativních účinků hluku, které se projevují v mnoha oblastech: působí na životní prostředí jako celek, na živočichy a rostliny samotné, na lidský organismus a samozřejmě má vliv i na řadu dalších oblastí (např. životnost staveb).

Pokud se zaměříme na negativní účinky na lidské zdraví, můžeme je rozdělit na účinky specifické a nespecifické. Pod pojmem **specifické účinky** se skrývá působení hluku přímo na sluchový aparát, obvykle jde o akutní nebo chronické poruchy sluchu, ať již trvalé nebo dočasné. Nejčastěji k němu dochází především při pracovní dlouhotrvající expozici hluku, ale riziko existuje i u hluku v mimopracovním prostředí – zejména u lidí žijících blízko velmi rušných komunikací nebo letišť. Zde bych rád zdůraznil, že nebezpečí hluku se skrývá právě ve faktu, že pokud nejde o akutní případy typické spíše pro pracovní prostředí, člověk si mnohdy dlouhotrvající zátěž sluchu neuvědomuje nebo jí nepřikládá takový význam a to pak vede k rozvoji dalších, nespecifických, účinků hluku.

**Nespecifické**, tedy mimosluchové, **účinky** ovlivňují funkci různých systémů v lidském organismu. K nejčastějším patří poruchy spánku spojené s bolestmi hlavy, únavou, snížením výkonu, ale i zvýšením krevního tlaku nebo arytmií. Hluk prokazatelně prodlužuje fázi usínání a nepříznivě ovlivňuje hloubku spánku, v případě náhlého zvýšení nebo vysoké intenzity zvuku způsobí i probuzení. Přípustná hladina zvuku je cca 35 dB pro fyziologicky normální spánek, přičemž obyvatelé žijící v hlučných oblastech se na rušení spánku neadaptují ani po několika letech. Vzhledem k nespornému regeneračnímu účinku spánku může jeho nedostatek přispět k větší náchylnosti jedince k infekčním chorobám.

Při dlouhodobé expozici hluku se u citlivých jedinců mohou vyvinout trvalé následky na kardiovaskulárním systému jako je např. hypertenze a ischemická choroba srdeční. Vliv hluku na kardiovaskulární systém byl prokázán v řadě epidemiologických a klinických studií u populace žijících v oblastech kolem letišť a hlučných komunikací. Obecný závěr WHO je, že tyto účinky jsou spojeny s dlouhodobou expozicí hladině hluku v rozmezí 65 – 70 dB a více.

Pokud bychom chtěli tedy negativní účinky hluku shrnout, pak zvuk s intenzitou nad 30 dB má negativní účinky na nervový systém, nad 55 dB na systém vegetativního nervstva, nad 90 dB se už jedná o zvuk nebezpečný pro sluchový orgán jako takový a hranice 120 dB už vede k poškození buněk a tkání.

Kromě výše uvedených negativních účinků hluku je nejobecnější reakcí lidí na hlukovou zátěž tzv. *obtěžování hlukem*. Vyjma fyzikálních vlastností zvuku, jako je intenzita, délka expozice, frekvence, je míra obtěžování dána individuálními charakteristikami příjemce, zejména jeho citlivostí a tolerancí vůči hluku. Mimo toho se na působení hluku podílí i jiné faktory, zejména psychologické a sociální. Toto obtěžování hlukem se dá považovat za nejčastější negativní účinek hluku.

Dále bychom neměli zanedbat ani vliv hluku na celkovou nemocnost obyvatel – vysvětluje se zejména jako důsledek působení chronického stresu. Nejčastěji se jedná o poruchy krevního tlaku, některá onemocnění zažívacího traktu, zánětlivá onemocnění a nižší odolnost vůči infekci. Zhoršovat může také průběh řady dalších onemocnění, např. cukrovky nebo chorob žlučníku, vliv má i na počet předčasných porodů. V epidemiologických studiích bylo zjištěno, že k rozdílu v nemocnosti přitom docházelo až po delší expozici hlukem (u cévních onemocnění po 5 – 10 letech, u nervových onemocnění po 8 – 10 letech).

K neopominutelným účinkům hluku, a dá se říci, že k jedněm z nejčastějších, patří i bolest hlavy a migréna, doprovázená nevolností, závratěmi, zvýšenou citlivostí na zvuky a pachy či sníženou možností koncentrace, které ztěžují či vylučují pracovní a společenské uplatnění.

Účinek hluku na vznik duševních chorob prokázán nebyl, nicméně se může podílet na zhoršení jejich symptomů nebo urychlit jejich rozvoj, neboť se prokazatelně podílí na zvýšení působení stresu (nebo ho dokonce sám způsobuje), které má na člověka velmi nepříznivý vliv a způsobuje řadu dalších potíží včetně těch psychických, jak již bylo uvedeno výše.

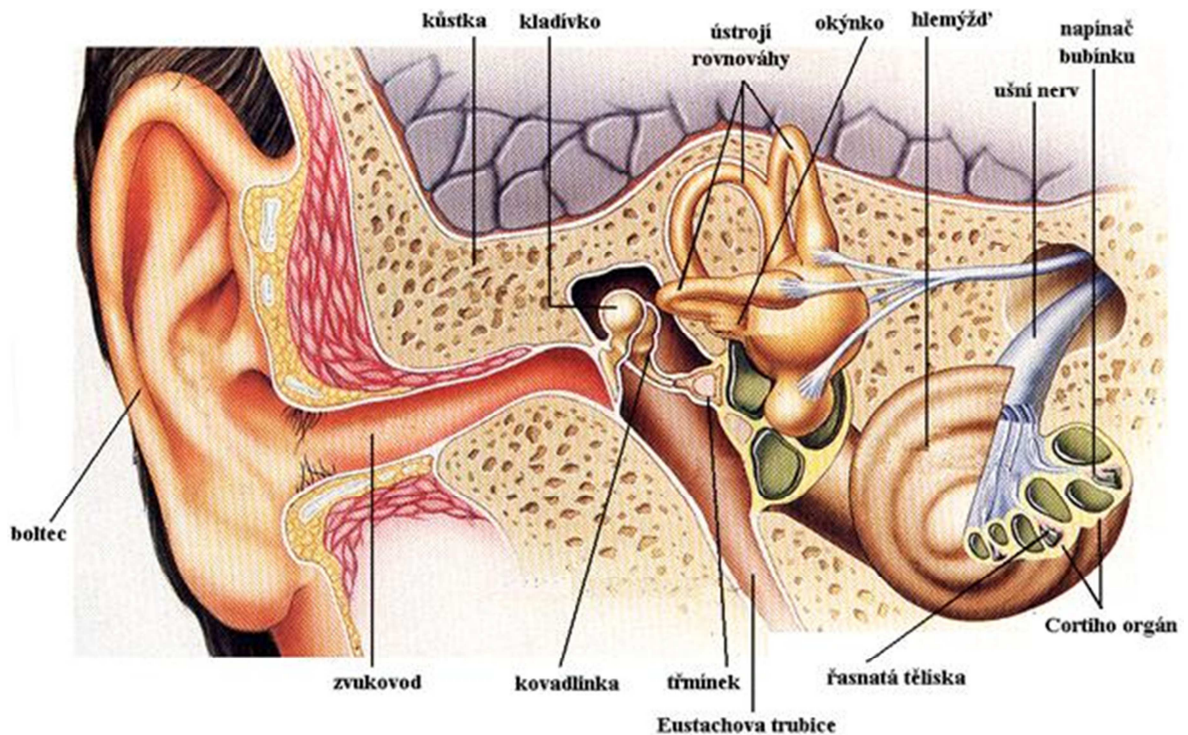
Mohlo by se zdát, že otázka hluku je do značné míry otázkou zvyku. Vždyť po určitém čase některé zvuky ze svého okolí, např. tikot hodin, přestáváme vědomě vnímat. Tak by se mohlo zdát, že lidé bydlící u hlučných dopravních tepen na tom budou podobně. Často také potvrdí, že některé, pro jiného rušivé, zvuky již ani nevnímají. Bohužel skutečnost je taková, že se jedná pouze o psychologický návyk – fyziologické reakce organismu zůstávají stejné. O to větší pozornost bychom měli hluku v našem okolí věnovat.

Jestliže bychom se měli vrátit ke specifickým účinkům hluku, tedy poškození samotného sluchu, měli bychom si nejdříve vysvětlit princip slyšení: zvuková vlna je směřována boltcem a zevním zvukovodem na blánu bubínku středního ucha. Ta je rozdílným akustickým tlakem rozkmitána a tyto vibrace se přenesou pomocí kůstek (známé kladívko, kovadlinka a třmínek) na membránu oválného okénka, pomocí níž rozkmitají tekutinu (perilymfa) a ta své vibrace přeneše na další tekutinu (endolymfa) v blanitém hlemýždi. Kmity endolymfy pak dráždí tzv.

Cortiho orgán, v němž jsou uloženy vlastní sluchové buňky (pohyby membrány deformují řasnaté buňky), jež přeměňují akustické signály na bioelektrické impulzy, které jsou po té vedeny do centrálního nervového systému. Podráždění různých skupin buněk různou frekvencí pak vnímáme jako různé tóny.

Stavba ucha je ilustrována níže uvedeným obrázkem:

Obr. 1 Stavba ucha [3]



Ucho se skládá ze tří částí: vnější, střední a vnitřní ucho.

Vnější ucho se skládá z ušního boltce, jenž slouží jako k zachycení zvukových vln – má směrový efekt, a zvukovodu. Zvukovod je cca 25 mm dlouhý a funguje jako rezonátor - zesiluje frekvence zvukových vln (až o 10 dB oproti hodnotě před boltcem).

Střední ucho je složené z bubínku a tří sluchových kůstek - má za úkol přenést zvuk z bubínku na oválné okénko středního ucha – tj. akustické vlnění z bubínku do kapalného prostředí vnitřního ucha. Jedná se o jakýsi „pístový“ přenos (plocha okénka je cca 20x menší než plocha bubínku), čímž se zabraňuje ztrátě cca 30 dB, ke které by jinak v tomto prostředí došlo.

Vnitřní ucho je pak tvořeno systémem chodbiček, ve kterém se nachází dva analyzátoři – jeden pro sluch samotný (sluchový – tvořený hlemýžďem) a jeden pro vnímání pohybu a polohy (vestibulární). V blanitém hlemýždi pak nalezneme Cortiho orgán s přibližně 20000 vláskových buněk, které převádějí mechanické dráždění na bioelektrický impulz (viz výše).

Poškození sluchu pak může být okamžité, tzv. akutní hlukové trauma, nebo dlouhodobé, tzv. chronické hlukové trauma.

*Akutní trauma* představuje poškození sluchu zvukem nad prahem bolesti (cca 120 dB), typickým případem jsou různé výbuchy, výstřely apod., kdy dochází k poškození převážně vnějšího a vnitřního ucha zvukovými i tlakovými vlnami. Projevuje se zahušením v jednom nebo obou uších, pískáním v nich, může být doprovázeno závratěmi, zvracením či poruchami rovnováhy. Poškození sluchu může být trvalé i dočasné, často však s přetrvávajícími následky, jako jsou například ušní šelesty. Časem může dojít i ke zhoršování stavu.

*Chronická varianta* na rozdíl od akutní vzniká častěji v souvislosti s prací nebo životem v hlučném prostředí. Sluchová porucha se tak vyvíjí dlouhodobě, sluch se postupně horší, nedoslýchavost ani nemusí být zpočátku postiženým vnímána. Typické pro tuto poruchu bývá její symetrie (postiženy bývají obě uši stejně), progresse v čase (do doby přerušení expozice), šelest v uších, může se vyskytnout také tlak v uších, závratě a především porucha porozumění. Čím déle hluk působí, tím nižší intenzita stačí k poškození – v této souvislosti bych rád zmínil, že pracoviště, kde intenzita hluku překračuje trvale 80 dB, označujeme jako riziková, a je nutné si sluch chránit vhodnými ochrannými prostředky. Použitím chráničů sluchu (sluchátka, zátky) je možné posunout práh slyšení o 30 až 50 dB, což není vůbec zanedbatelné.

**Negativní účinky hluku na zvířata a rostliny** obvykle nestojí v centru zájmu, ale i ty jsou závažné. Nejčastěji narušuje život zvířat doprava a hluk s ní související. Ta pak trpí jak po stránce fyzické (mnohdy mají mnohem citlivější sluch než člověk), tak i psychické. Stres, nervozita, panika a s ní související bezhlavý útek zvířata vyčerpávají a přímo ohrožují na životě. Narušení (nebo i přehlušení) zvuků provázejících zvířecí rituály, např. námluvy, varovné signály, hledání potravy (např. echolokace používaná netopýry) apod. přímo ohrožují přežití některých druhů. Snahou o vyhýbání se hlučným místům dochází k nepřírodní migraci, narušení potravního řetězce a změnám typického způsobu života. Toto chování dostupuje svého vrcholu zejména při silvestrovských oslavách, kdy hluk způsobený zábavní pyrotechnikou krátkodobě o mnoho převyšuje dopravní hluk.

## 4. Legislativní úprava

Vzhledem k řadě výše vyjmenovaných nepříznivých účinků hluku je důležitost ochrany před nimi nezpochybnitelným faktem - právo na ochranu životního prostředí a právo na ochranu zdraví je zakotveno již v Listině základních práv a svobod (*zákon č. 23/1991 Sb.*).

Ochranou zdraví před hlukem se ovšem zabývá řada dalších předpisů a to samozřejmě i na **evropské úrovni** - k nejvýznamnějším patří *Směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropské unie č. 2002/49/ES ze dne 25. června 2002 o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí.*

Pokud jde o **národní úpravu**, základním pramenem je *zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů.* Za další významné předpisy se v této oblasti považují zejména:

- zákon č. 222/2006 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci)

- nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

- vyhláška č. 523/2006 Sb., kterou se stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě (vyhláška o hlukovém mapování)

- vyhláška č. 561/2006 Sb., o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku

- zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

- nařízení vlády č. 9/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku, ve znění pozdějších předpisů

- metodický návod ministerstva zdravotnictví, hlavního hygienika ČR HEM-300-11.12.01-34065 pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí ze dne 11. 12. 2001

- zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů

- zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci)

- zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů

- zákon 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím, ve znění pozdějších předpisů

Za další zákony, které se týkají hluku, resp. záležitostí s ním spojených, bychom mohli považovat:

- zákon č. 150/2002 Sb., soudní řád správní, ve znění pozdějších předpisů

- zákon č. 500/2004 Sb., o správním řízení (správní řád)

- zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon

- zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů

- zákon č. 266/1994 Sb., o drahách, ve znění pozdějších předpisů

- zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů

- zákon č. 40/1964 Sb., Občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů

Vzhledem k tomu, že odstraňování hluku jako takového, zejména hluku v prostředí, je velice komplikované a v mnoha případech i nemožné, právní úprava v českém právním řádu se řídí zásadou „znečištění“ do určité únosné míry - dochází povětšinou alespoň k jeho omezování, resp. k omezování jeho negativních účinků. Nejvýznamnějším nástrojem omezování hlukové zátěže jsou tzv. hygienické limity, které představují nejvyšší přípustné hodnoty hluku pro různé prostory, časy a činnosti. Blíže k této problematice v následujícím textu.

#### **4.1. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví**

Pokud se stručně zaměříme na základní úpravu hluku, které je v tomto zákoně věnován samostatný Díl 6 (společně s vibracemi a neionizujícím zářením), pak definici hluku nalezneme v § 30 odst. 2 zákona - je definován jako zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis.

Osobou odpovědnou za provoz stroje nebo zařízení, které jsou zdrojem hluku, je obecně provozovatel tohoto zařízení (viz § 30 odst. 1 zákona), konkrétně pak zákon vyjmenovává provozovatele letiště, vlastníka, popř. správce pozemní komunikace a vlastníka dráhy.

Zároveň zákon ukládá těmto odpovědným osobám v tomtéž odstavci povinnost technickými, organizačními a dalšími opatřeními v rozsahu stanoveném tímto zákonem a prováděcím právním předpisem zajistit, aby hluk nepřekračoval hygienické limity upravené prováděcím právním předpisem pro chráněný venkovní prostor, chráněné vnitřní prostory staveb a



chráněné venkovní prostory staveb. Přičemž v odstavci 3 zákona se dozvíme, že chráněným venkovním prostorem se rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, sportu, léčení a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť. Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do 2 m okolo bytových domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb. Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí obytné a pobytové místnosti, s výjimkou místností ve stavbách pro individuální rekreaci a ve stavbách pro výrobu a skladování.

Další pro nás zajímavou částí zákona je § 34, který rozděluje denní dobu na 2 části: denní a noční. Noční dobou se pro účely kontroly dodržení povinností v ochraně před hlukem rozumí doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou. Přičemž prováděcí předpis stanoví hygienické limity hluku zvlášť pro denní a noční dobu, způsob jejich měření a hodnocení.

A konečně zákon stanoví, že měření hluku může provádět pouze osoba akreditovaná podle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů nebo osoba autorizovaná podle § 83c tohoto zákona.

#### **4.2. Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací**

Dalším základním pramenem v ochraně zdraví před hlukem je nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, jehož nejvýznamnějším přínosem je stanovení hygienických limitů hluku pro pracoviště, pro chráněný vnitřní prostor staveb, chráněný venkovní prostor staveb a chráněný venkovní prostor, dále pak nařízení stanoví způsob měření a hodnocení hluku pro denní a noční dobu.

Hygienický limit zde představuje nejvyšší přípustnou hodnotu hluku, přičemž konstrukce těchto limitů je postavena na faktu, že (kromě limitu pro chráněné vnitřní prostory staveb, kde je limit stanoven jako maximální jednorázová hodnota) limit je představován tzv. ekvivalentní hladinou hluku, tj. určitým průměrem měření v denní (měření osmi nejhluchnějších souvislých a na sebe navazujících hodin) a noční dobu (měření v jedné nejhluchnější hodině). Z toho vyplývá, že pokud se měření odehrává tam, kde je několik velmi hlučných hodin vykompenzováno hodinami tiššími, může dojít k určitému zkreslení a následné špatné vymahatelnosti protihlukových opatření. Ne tak u měření hluku z dopravy na veřejných pozemních komunikacích a dráhách a pro hluk z leteckého provozu dopravy na veřejných

komunikacích, které nás bude zajímat nejvíce, neboť tato měření tvoří výjimku – hodnoty se v nařízení stanoví pro celou denní (16 h) a celou noční (8 h) dobu.

Nařízení podrobně stanoví různé limity, dá se říci, že vždy představují součet základní hodnoty a korekcí stanovených přílohami pro různou denní dobu a různé využití měřených prostorů. Jestliže se tato práce zaměřuje na hluk z dopravy, nejvíce nás budou zajímat hodnoty uvnitř budov, popř. na volném prostranství okolo dopravních komunikací:

Základní hladina akustického tlaku pro hluk pronikající do budov zvenčí je 40 dB (jestliže se jedná o hluk s tónovými složkami nebo má-li výrazně informační charakter, přičte se korekce -5 dB), k ní se přičte hodnota korekce dle přílohy č. 2 k tomuto nařízení, viz následující tabulka, přičemž je potřeba mít na paměti, že druh prostoru je dán kolaudačním rozhodnutím a pokud se objekt nachází v ochranném pásmu drah anebo v okolí hlavních pozemních komunikací, kde je hluk z dopravy převažující, přičítá se další korekce + 5 dB:

**Tab. 1 Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb [26]**

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba pobytu	Korekce v dB
Nemocniční pokoje	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	0
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	-15
Operační sály	po dobu používání	0
Lékařské vyšetřovny, ordinace	po dobu používání	-5
Obytné místnosti	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	0 +)
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	-10 +)
Hotelové pokoje	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	+10
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	0
Přednáškové sítě, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí, mateřských škol a školských zařízení		+5
Koncertní sítě, kulturní střediska		+10
Čekárny, vestibuly veřejných úřadoven a kulturních zařízení, kavárny, restaurace		+15
Prodejny, sportovní haly		+20

+) Pro hluk z dopravy v okolí dálnic, silnic I. a II. třídy a místních komunikací I. a II. třídy (dále jen "hlavní pozemní komunikace"), kde je hluk z dopravy na těchto komunikacích převažující, a v ochranném pásmu drah se přičítá další korekce + 5 dB. Tato korekce se nepoužije ve vztahu k chráněnému vnitřnímu prostoru staveb navržených, dokončených a zkolaudovaných po dni nabytí účinnosti tohoto nařízení.

Pokud se zaměříme na hodnoty limitů v chráněném venkovním prostoru (definice viz výše) je nejvyšší přípustná hodnota 50 dB (s výjimkou hluku z leteckého provozu – tam jsou stanoveny vyšší limity) plus příslušná korekce daná Přílohou č. 3: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru:

**Tab. 2 Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru [26]**

Druh chráněného prostoru	Korekce [dB]			
	1)	2)	3)	4)
Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	-5	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	0	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	0	+5	+10	+20

Korekce uvedené v tabulce se nesčítají.

Pro noční dobu se pro chráněný venkovní prostor staveb přičítá další korekce -10 dB, s výjimkou hluku z dopravy na železničních drahách, kde se použije korekce -5 dB.

Vysvětlivky:

- 1) Použije se pro hluk z veřejné produkce hudby, hluk z provozoven služeb a dalších zdrojů hluku, s výjimkou letišť, pozemních komunikací, nejde-li o účelové komunikace, a dále s výjimkou drah, nejde-li o železniční stanice zajišťující vlakotvorné práce, zejména rozřadování a sestavu nákladních vlaků, prohlídku vlaků a opravy vozů.
- 2) Použije se pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích, s výjimkou účelových komunikací, a drahách.
- 3) Použije se pro hluk z dopravy na hlavních pozemních komunikacích v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách v ochranném pásmu dráhy.
- 4) Použije se v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích a drahách, kdy starou hlukovou zátěží se rozumí stav hlučnosti působený dopravou na pozemních komunikacích a drahách, který v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru vznikl do 31. prosince 2000. Tato korekce zůstává zachována i po položení nového povrchu vozovky, výměně kolejového svršku, popřípadě rozšíření vozovek při zachování směrového nebo výškového vedení pozemní komunikace nebo dráhy, při které nesmí dojít ke zhoršení stávající hlučnosti v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru a pro krátkodobé objížděné trasy.

Shrneme-li tedy stručně legislativní požadavky, obecně lze říci, že pro limitní hodnoty ekvivalentní hladiny zvuku je zde uvedena základní přípustná hodnota 50 dB a aditivní korekce pro obytné oblasti uvnitř zástavby +5 dB, pro prostory u hlavních komunikací +10 dB (samozřejmě za předpokladu, že jiné řešení umožňující standardní stupeň ochrany před hlukem není možné) a pro noční dobu -10 dB. Pro starou zástavbu existuje ještě pojem tzv. staré hlukové zátěže, která již v nové výstavbě (od 1. 1. 2001) není přijatelná, takže přípustná ekvivalentní hladina zvuku je tedy pro novou zástavbu 55 dB ve dne a 45 dB v noci, zatímco obyvatelé staré zástavby se musí vypořádat s hladinou hluku vyšší. Z hlediska dopravy jsou zajímavé i vysvětlivky k Příloze č. 3, ve kterých je stanoveno, že korekce pro starou hlukovou zátěž zůstává zachována i v případě rekonstrukce (nový povrch vozovky, výměna kolejového svršku, rozšíření vozovky apod.), pouze nesmí dojít ke zhoršení stávajícího stavu, ale nijak nestanoví povinnost snížení hlučnosti.

Pro lepší představu o hodnotách výše uvedených hygienických limitů uvádím příklady vnímání různé hladiny zvuků člověkem:

**Tab. 3 Příklady vnímání hluku člověkem [1]**

dB	Příklady a vnímání člověkem
10	Práh slyšitelnosti
20	Hluboké ticho, bezvětrí, akustické studio
30	Šepot, velmi tichý byt či velmi tichá ulice
40	Tlumený hovor, šum v bytě, tikot budíku
50	Klid, tichá pracovna, obracení stránek novin
60	Běžný hovor
70	Mírný hluk, hlučná ulice, běžný poslech televize
80	Velmi silná reprodukováná hudba, vysavač v blízkosti
90	Silný hluk, jedoucí vlak
100	Sbíječka, přádelna, maximální hluk motoru
110	Velmi silný hluk, živá rocková hudba, kovárna kotlů
120	Startující proudové letadlo
130	Práh bolestivosti
140	Akustické trauma, 10 m od startujícího proudového letadla
170	Zábleskový granát

Pokud se týká měření hluku, stanoví nařízení vlády pouze stručně, že se při něm postupuje podle metod a terminologie týkajících se oborů elektroakustiky, akustiky a vibrací, obsažených v příslušných českých technických normách - při jejich dodržení se výsledek

považuje za prokázány. Pokud nelze takto postupovat, musejí být u použité metody doloženy její záchytnost, přesnost a reprodukovatelnost. Blíže k tomuto tématu v následující kapitole.

Abychom podchytili i aktuální vývoj v této oblasti, neměli bychom opomenout novelu nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. V této novele ministerstvo zdravotnictví po dohodě s ministerstvem dopravy navrhuje zvýšení limitů hluku z provozu na pozemních komunikacích oproti stávajícímu stavu o 5 dB v denní době a o 5 dB v noční době, výjimečně dokonce až o 10 dB v noční době, to vše ale pouze ve venkovních prostorech, limity uvnitř chráněných prostorů zůstanou nezměněny. Změna je zdůvodněna tím, že současně platné hygienické limity znemožňují stavby komunikační kanálů nejvyššího významu i při využití všech technicky a ekonomicky dostupných protihlukových opatření. Navrhovanou výstavbou těchto komunikací by se přitom snížil hluk v centrech měst. Uvedený návrh vzbudil řadu odmítavých reakcí, takže dne 15. 11. 2010 vydalo Ministerstvo zdravotnictví ČR tiskovou zprávu k tomuto návrhu doprovázenou upřesněním výkladu pojmu hygienický limit, ve kterém zdůrazňuje především fakt, že „hygienický limit hluku je určitým kompromisem a jeho překročení neznamena automaticky akutní poškození zdraví“. Diskuze stále pokračuje, neboť je třeba nalézt kompromis mezi dvěma protichůdnými zájmy – dopravní obslužností a nízkým hlukem.

## 5. Zdroje hluku

Největším zdrojem celkové hlukové zátěže (odhaduje se až 70 %) je **doprava**. Toto platí bezesbytku především ve velkých městech. Mezi nejvíce obtěžující patří doprava automobilová, kolejová a letecká, přičemž negativním účinků hluku je vystaveno zejména obyvatelstvo žijící v blízkosti rušných komunikací, velkých křižovatek a letišť. Evropská unie např. za rok 2000 udává 25 % hlukem obtěžované populace. Hlukovou zátěží způsobenou dopravou se budu podrobněji zabývat v dalších částech mé práce.

Dalším zdrojem nadměrné hlučnosti je **průmysl**, který zejména v průmyslových zónách a v okolí stavenišť zatěžuje své okolí provozem hlučných strojů, náradí a dalších zařízení a dále také provozem nákladních automobilů.

Mezi ostatní zdroje hluku můžeme zařadit **další aktivity obyvatel**, ať již souvisí s bydlením nebo s trávením volného času – nejčastěji si pod tímto pojmem můžeme představit příliš hlučná rádia a televize, domácí zvířata či hraní na hudební nástroje. Velmi hlučná bývají také různá zábavní centra, diskotéky, sportoviště apod.

## 6. Měření hluku

### 6.1. Zjišťované údaje

Měření hluku lze rozdělit na dva základní druhy: měření hluku konkrétního zařízení a měření hluku prostředí. Při měření se zjišťují tyto údaje:

- **hladina hluku** – při měření hladiny hluku u konkrétního zařízení je potřeba dbát na dodržení stanovené vzdálenosti od zdroje (obvykle 1 m) a odstínění ostatních zdrojů hluku, odrazových ploch apod., naopak při měření hladiny hluku v prostředí se neprovádějí žádné zvláštní úpravy, jelikož měření má vystihnout skutečný stav, předpokládá se proto měření i v poli odražených zvukových vln; hlavním kritériem pro hodnocení hlučnosti v životním prostředí je tzv. *ekvivalentní hladina zvuku*, tedy energetický průměr okamžitých hladin akustického tlaku, vyjadřuje se pomocí jednotky dB.
- **spektrum hluku** – spektrum hluku představuje rozložení hladin akustického tlaku jednotlivých kmitočtových složek nebo ve stanovených kmitočtových pásmech sestavených v závislosti na kmitočtu
- **směrová charakteristika hluku** – směrová charakteristika hluku reprezentuje vyjádření hladin zvuku nebo hladinu akustického tlaku jako funkce směru

### 6.2. Metodický návod ministerstva zdravotnictví ze dne 11. 12. 2001 pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí

Legislativní úprava je v této oblasti představována především metodickými návody pro měření a hodnocení hluku vydávané ministerstvem zdravotnictví. Základním dokumentem je pak **Metodický návod ministerstva zdravotnictví ze dne 11. 12. 2001 pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí**.

Výše uvedený metodický návod stanovuje způsob měření a hodnocení hladin hluku ve stavbách pro bydlení, ve stavbách občanského vybavení a ve venkovním prostoru pro účely hodnocení jejich vlivu na zdraví obyvatelstva, přičemž způsob měření a hodnocení hluku z leteckého provozu je uveden v samostatném metodickém návodu.

Princip návodu je takový, že pokud existují harmonizované české technické normy, je uveden odkaz na tyto normy, pokud takové normy neexistují, je uvedena metodika podrobně.

**Normy**, kterým bychom měli věnovat pozornost, jsou následující:

ČSN ISO 1996-1:1992 , Akustika - Popis a měření hluku prostředí. Část 1: Základní veličiny a postupy

ČSN ISO 1996-2:1992, Akustika - Popis a měření hluku prostředí. Část 2: Získávání údajů souvisejících s využitím území

ČSN ISO 1996-3:1993, Akustika - Popis a měření hluku prostředí. Část 3: Použití při stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku

ČSN ISO 3382, Akustika - Měření doby dozvuku místností a sálů s uvedením jiných akustických parametrů

ČSN ISO 9613-2, Akustika - Útlum při šíření zvuku ve venkovním prostoru. Část 2: Obecná metoda výpočtu

ČSN IEC 651, Zvukoměry

ČSN EN ISO 3095 Železniční aplikace – Akustika – Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly

ČSN EN 60804 + A2, Elektroakustika - Integroující-průměrující zvukoměry

ČSN EN 60942, Elektroakustika - Akustické kalibrátory

ČSN EN 61260, Elektroakustika - Oktávové a zlomkooktávové filtry

ČSN 730527, Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely

ČSN 730532, Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a souvisící akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky

Metodický návod se dále věnuje **přístrojovému vybavení**, kdy uvádí, že k měření hluku se používají výhradně zvukoměry a průměrující zvukoměry odpovídající požadavkům ČSN, stejně jako při kmitočtové analýze se používají vyhovující pásmové filtry, přičemž všechna měřidla podléhají úřednímu ověření, musí být chráněny před nepříznivými vlivy (včetně krytí mikrofonu před větrem) a před, v průběhu a po ukončení měření kalibrovány podle požadavků ČSN (vykazovaná odchylka nesmí překročit 0,5 dB).

Pokud jde o **samotné měření**, je možné použít mikrofon na stativu a propojený kabelem s měřicím přístrojem nebo mikrofon s měřicím přístrojem na stativu, přičemž obsluha musí být při měření nejméně 50 cm za mikrofonem. Důležitý je i výběr měřících míst:

*Ve venkovním prostoru* se měří na jednom nebo více místech a to zpravidla tam, kde je rušení hlukem nejvyšší. Mikrofon se umísťuje nejméně 3,5 m před plochu odrážející hluk a 3 m nad



terénem pro měření vlivu hluku na zástavbu, nebo 1,2 až 1,5 m nad terénem pro zjišťování vlivu hluku na osoby.

*Ve venkovním prostoru budov* se mikrofon umísťuje nejméně 1 m (lépe však 2 m) od fasády a 1,2 až 1,5 m nad úrovní příslušného podlaží. Měří se před středem zavřeného okna posuzované fasády.

*Uvnitř budov* se měří taktéž 1,2 až 1,5 m nad podlahou v uzavřené místnosti směrem ke zdroji hluku, pokud tento není identifikovatelný, pak svisle vzhůru, místo se volí s ohledem na využití místnosti (přednostně nejméně 1,5 m od okna a 1 m od stěn). Výsledná hodnota se ještě upravuje podle vybavení místnosti (koberce nebo odrazivá podlaha, nezařízená vs. zařízená místnost apod.).

Pro měření jsou důležité také **meteorologické vlivy** - povrch silnic a železničních tratí musí být suchý, země bez sněhu a ledu (dokonce ani zmrzlá nebo příliš rozmoklá), měřit se nesmí za inverzních podmínek. Rychlost proudícího vzduchu musí být měřena a uvedena v protokolu, při rychlosti větší než  $5 \text{ ms}^{-1}$  není měření přípustné. Podrobně se meteorologickým vlivům věnuje příloha B tohoto metodického návodu, který definuje příznivé, průměrné a nepříznivé meteorologické podmínky a jak s nimi zacházet.

**Co se tedy přesně měří** - měří se hladiny akustického tlaku v decibelech, distribuční (procentní) hladiny hluku a další údaje dle ČSN ISO 1996 - 1, 2 a 3. K výsledkům měření se uvádějí nejistoty měření.

Při měření se nepoužívá průměr aritmetický, ale v souladu s normami výhradně průměr logaritmický. Hladiny akustického tlaku se zjišťují buď přímým odečtem z měřicího přístroje, nebo následným vyhodnocením z časového záznamu. Délka měření by měla být volena tak, aby zahrnovala reprezentativní část posuzovaného děje, přičemž počet odečtů by měl být větší než 10. Měření se nejčastěji provádí na oboustranném intervalu s 95 % pravděpodobností s normálním rozdělením (tzv. nejistota měření – viz příloha D Metodického návodu), jiné metody musí být zdůvodněny. Např. pro měření hluku z dopravy se měření provádí tak, aby bylo možné stanovit výslednou hladinu hluku pro celou denní a noční dobu, tzn. nejreprezentativnější měření bude probíhat v úterý až pátek v měsících duben až červen a září a říjen. Kromě měřeného zdroje hluku se měří i hluk pozadí (nejlépe na stejných místech jako měřený hluk), na základě těchto měření se stanoví korekce, která se následně odečte od naměřené hladiny hluku v časových intervalech, které ještě přepočteme na referenční časový interval podle dané metodiky.

Důležitými informacemi jsou i údaje neakustické: situování místa vzhledem ke zdroji hluku, fyzikální a atmosférické podmínky při měření, rychlost a směr větru, skladba dopravního proudu a všechny další okolnosti, které by mohly mít vliv na průběh a výsledek měření.

**O průběhu a výsledcích měření se sepisuje protokol**, ten musí mít všechny náležitosti, tak, aby i nezúčastněná osoba mohla měření přesně zopakovat, aby všechna označení a termíny byly v souladu s legislativní úpravou a s příslušnými normami, náležitosti dle metodického návodu jsou následující. Protokol musí obsahovat:

- identifikaci instituce provádějící měření vč. jména osob a jejich způsobilosti (např. akreditace, autorizace apod.), popř. identifikace dalších osob účastnících se měření (zástupci objednatele apod.)
- identifikaci objednatele měření
- datum a dobu měření,
- použité měřicí a výpočtové metody (u standardních se na ně lze pouze odkázat, pokud se vyskytovaly nějaké odchylky nebo byly použity nestandardní metody, je třeba je jednoznačně popsat a zdůvodnit),
- použité přístrojové vybavení (název, typ, výrobní číslo...), podrobnosti o jeho kalibraci a druzích provedených analýz, včetně příslušenství
- identifikace a popis měřeného zdroje (zdrojů) hluku, nejen technické parametry, ale i popis měřené události, popř. činnosti – např. u měření hluku z dopravy se doporučuje uvést souhrnnou hodinovou intenzitu a skladbu dopravního proudu vztaženou k měřicímu časovému intervalu, podrobné údaje, např. v 15 minutových intervalech, je lépe uvést v příloze protokolu
- umístění měřicích míst a jejich popis,
- výsledky všech akustických měření nebo výpočtů hluku, včetně nejistoty, týkajících se měřeného zdroje i hluku pozadí (korekce týkající se na hluku pozadí a přepočet na referenční časový interval je možné uvádět v akreditované části protokolu)
- nejistoty a odkaz na postup stanovení nejistoty měření,

Protokol o měření musí dále obsahovat, pokud jsou významné:

- meteorologické podmínky během měření (směr a rychlost větru, relativní vlhkost, teplota vzduchu atd.),

- topografie terénu, popis šíření hluku,
- provozní a zátěžové podmínky zdroje nebo zdrojů,
- referenční a měřicí časové intervaly,
- další významné zdroje hluku, které nebyly předmětem měření.

Mimo protokol se doporučuje uvádět:

- odkaz nebo příslušnou část předpisů stanovujících nejvyšší přípustné hodnoty hluku,
- porovnání výsledných hladin s nejvyššími přípustnými hodnotami hluku,
- interpretace výsledků z akustického hlediska apod. [30]

Pokud se týká hodnocení měření, při započítání nejistoty měření mohou nastat 3 situace: nejvyšší přípustná hladina hluku je prokazatelně dodržena, pak nezbyvá než konstatovat, že legislativním požadavkům bylo učiněno za dost, a k řešení obtěžující situace je možné využít obecně závaznou vyhlášku k ochraně zdraví. Dále může být nejvyšší přípustná hladina hluku prokazatelně překročena a provozovatel je povinen učinit bezodkladně nápravné kroky (technické, organizační apod.) a může mu být také udělena pokuta či zákaz činnosti. Přičemž bych rád poznamenal, že nadlimitní zdroj hluku lze legálně provozovat na základě povolení. Nejspornějším případem je pak ten, kdy nejvyšší přípustná hladina leží v pásmu nejistoty, tj. neexistují důkazy o prokazatelném překročení limitů. Pak ani neexistuje zákonný mandát pro ukládání protihlukových opatření, ale příslušné orgány by měly situaci věnovat zvýšenou pozornost, protože překračování limitů zde není vyloučeno. Pak existuje možnost použít i další nástroje, např. analýzu zdravotních rizik.

### 6.3. Monitoring hluku

Zejména v centrech měst, v blízkosti dopravních tepen či průmyslových objektů dochází ke stálému překračování hygienických limitů stanovených výše uvedeným nařízením vlády. Aby mohla být navrhována opatření ke snížení hladiny hluku a předcházeno vystavení nových obyvatel nadměrnému hluku, popř. ukládány sankce, dochází k pravidelnému měření, tzv. monitoringu, hluku.

V tomto nám může být nápomocna **vyhláška č. 523/2006 Sb.**, kterou se stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě (tzv. **vyhláška o hlukovém mapování**). Tato vyhláška upravuje mezní hodnoty hlukových ukazatelů a jejich

výpočet speciálně pro hluk vytvářený silniční, železniční, leteckou dopravou a integrovanými zařízeními, stejně jako základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a na jejich zveřejňování.

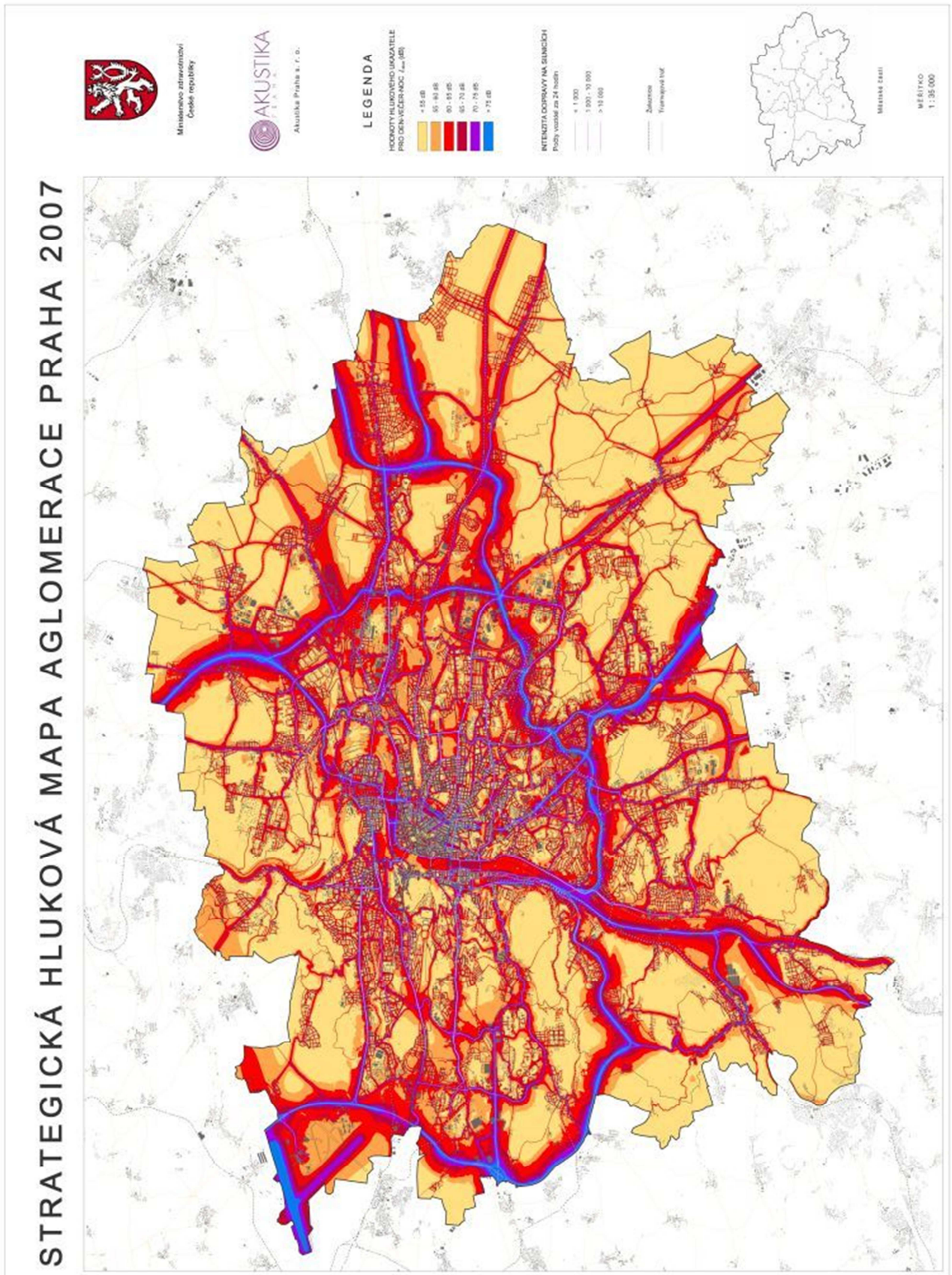
**Tab. 4 Mezní hodnoty strategických hlukových map [28]**

Doprava	Hlukový ukazatel pro	
	celodenní obtěžování hlukem [dB]	rušení spánku [dB]
Silniční	70	60
Železniční	70	65
Letecká	60	50

Pod pojmem monitoring se tedy můžeme představit pravidelná měření hladiny hluku podle daných pravidel, na jehož základě se pak vytváří tzv. **strategické hlukové mapy**. Jsou to v podstatě mapy monitorovaných oblastí, ve kterých jsou bez ohledu na zdroj vyznačena místa s hlukovou zátěží a to v intervalu 45 až 75 dB, vždy v pásmech po 5 dB. Podrobné požadavky na jejich obsah stanoví příloha č. 2 této vyhlášky – jsou to: stávající, předchozí nebo plánovaná hluková situace vyjádřená hlukovým ukazatelem, překročení mezní hodnoty hlukového ukazatele, přičemž se odhadne počet osob vystavených tomuto hluku a počet staveb, kterým je třeba věnovat při vyhodnocování zvláštní pozornost (např. stavby pro bydlení, školy, nemocnice). Strategické hlukové mapy pro aglomerace dále obsahují stručný popis aglomerace (její polohu, velikost, počet obyvatel), popis protihlukových opatření a programů ochrany před hlukem realizovaných v dotčené oblasti, odhad počtu bydlících obyvatel vystavených hluku a samozřejmě použité metody výpočtu.

Strategické hlukové mapy jsou zpracovávány Ministerstvem zdravotnictví ČR, které má také povinnost zajistit podle § 4 vyhlášky jejich zveřejnění. Tyto mapy jsou jednak k nahlédnutí v listinné podobě v sídle ministerstva a jednak jsou v elektronické podobě přístupné (ve formě mapových úloh) na webových stránkách Portálu veřejné správy (tzv. geoportálu) a (jako obrázky) přímo na webové stránce ministerstva.

Obr. 2 Strategická hluková mapa Prahy 2007 [21]



## 7. Hluk v dopravě a protihluková opatření

Jak již bylo výše uvedeno, doprava je jedním z nejdůležitějších zdrojů hluku, zejména ve velkých městech je značná část obyvatel vystavena působení nadměrnému hluku - zvláště velké zvýšení hlučnosti vlivem dopravy je možno pozorovat v blízkosti dopravních magistrál, výhledových silnic, velkých křižovatek a letišť. Z pochopitelných důvodů je počet obyvatel zasažených hlukem největší v hlavním městě, což je dáno vysokou koncentrací obyvatel a dopravy na relativně malé ploše - viz následující tabulka, z níž je zřejmé, že procento dotčených obyvatel je skutečně alarmující. Situace se však bohužel v tomto ohledu z dlouhodobého hlediska příliš nemění, neboť protihluková opatření a technický pokrok je vyrovnáván na druhé straně stále rostoucím počtem dopravních prostředků a hustoty dopravní sítě.

**Tab. 5 Ukazatele působení nadměrného hluku v Praze [15]**

Obyvatelstvo zasažené hlukem pozemní dopravy ve dne	46,1 %
Obyvatelstvo zasažené hlukem pozemní dopravy v noci	53,1 %
Byty zasažené hlukem pozemní dopravy ve dne	53,5 %
Byty zasažené hlukem pozemní dopravy v noci	55,8 %
Plocha území zasažená hlukem pozemní dopravy ve dne	32,0 %
Plocha území zasažená hlukem pozemní dopravy v noci	43,1 %
Plocha území zasažená leteckým hlukem	34,0 %

To, jak velkému hluku je obyvatelstvo vystaveno, záleží na mnoha faktorech – kromě vzdálenosti od zdroje hluku je to především okolní terén a překážky, dále pak i proměnlivé charakteristiky - povětrnostní vlivy (vítr, déšť, sníh, mlha či teplota).

Hladina hluku vyvolaná jednotlivými dopravními prostředky závisí na několika faktorech:

- na mechanickém výkonu motoru
- na rychlosti vozidla
- na režimu práce motoru
- na technickém stavu vozidla
- na kvalitě vozovky
- na okolní zástavbě
- na povětrnostních podmínkách atd. [11]

## 7.1. Hluk v železniční dopravě

Vzhledem ke značnému a stále rostoucímu počtu automobilů, je hluk způsobený tímto druhem dopravy jedním z nejčastějších, se kterým se máme možnost potkat. Avšak hluk způsobený železniční dopravou se nachází hned v závěsu za ním. Jedná se o hluk vyvolaný jednak vlakovými soupravami a jednak tramvajemi. Železniční soupravy vydávají hluk při kontaktu kolejí s koly vagónů – známe typický kvílivý zvuk při brzdění, průjezdu zatáčkou či výhybkami nebo křížením, dále charakteristický hluk způsobený nerovnostmi na kolech vagónů a kolejích. Samozřejmě nejvíce obtěžovanou skupinou obyvatel jsou lidé žijící blízko nádraží, nechráněných přejezdů (vlaky zde mj. houkají), tramvajových tratí, křižovatek a zastávek (rozjíždění, brzdění, zvonění tramvají).

**Tab. 6 Výsledek analýzy hlukem dotčené populace za všechny zpracovávané úseky tratí [25]**

Výsledek analýzy hlukem dotčené populace za všechny zpracovávané úseky tratí											
dB	do 35	35- 39,9	40- 44,9	45- 49,9	50- 54,9	55- 59,9	60- 64,9	65- 69,9	70- 74,9	75 a více	Celkem obyvatel
Hluk během celých 24 hodin	126480	70590	109535	143889	74164	13251	2618	1106	348	17	541998
Hluk během noci	231212	118273	137154	45720	6662	1976	842	155	4	0	541998

Pokud jde o snižování hluku u stávajícího vozového parku, velmi účinná je výměna dosud běžných brzdových obložení ze šedé litiny za obložení kompozitové, které způsobí, že brzdná plocha kola vagonu se při brzdění dále nevydírá – pokud uvažujeme 85 % úroveň výměny, došlo by ke snížení hladiny hlukových emisí o cca 5 dB.

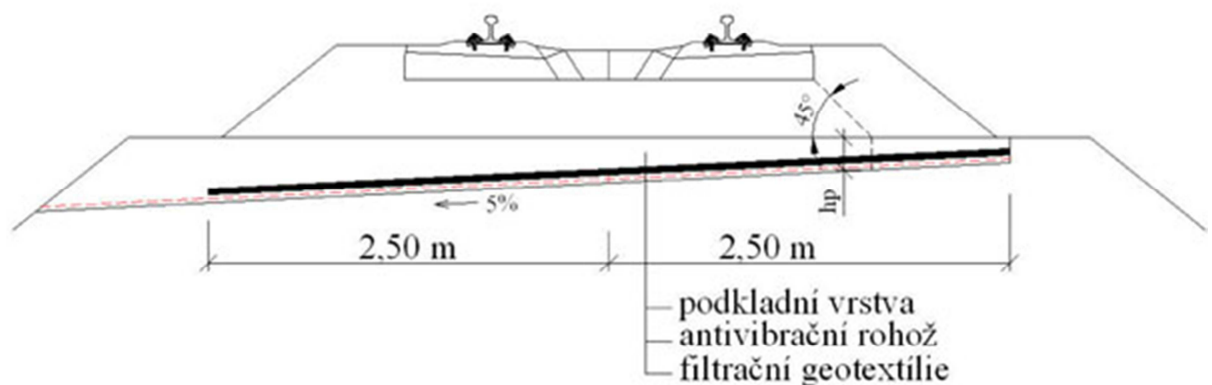
Snižování hluku na dopravní cestě spočívá především v udržování dobrého provozního stavu kolejnic, což znamená, že vznikající nerovnosti na styčné ploše s koly nesmí překročit určitou stanovenou hloubku. Tento parametr se pravidelně kontroluje pomocí měřících vlaků a odchylky se odstraňují broušením povrchu kolejnic.

Kromě snahy o co nejlepší kondici kol souprav a kolejnic samotných se nabízí možnost vývoje a výroby dokonalejších tlumičů hluku a vibrací, které dokážou zejména v některých pasážích výrazně hluk snížit. Speciální tlumiče lze také uchytit přímo na kolejnice a odpružit tak nárazy kol.

Ve městech i mimo ně je dále oblíbenou metodou snižování hluku stavba protihlukových stěn a valů. Při jejich stavbě je ovšem potřeba přihlídnout k mnoha kritériím, např. okolnímu terénu, aby místo snížení hlukové zátěže nedocházelo k jeho znásobování. Tyto stěny se zřizují jako pohltivé nebo odrazivé. Jejich výška a umístění se určuje podle výsledků akustického měření nebo výpočtem, volba materiálu závisí na účelu a umístění stěny – převážně se používá konstrukcí z ocelových nebo betonových sloupů a panelů z betonu, ocelových plechů, dřeva a zejména ve městech již bývá často použit transparentní materiál, např. plasty nebo sklo, aby se zabránilo nadměrnému stínění a také omezení rozhledu jiných účastníků dopravy. Protihlukové valy se budují ve formě náspů podél železniční trati. Užívá se zemina vyztužená geosyntetickými materiály, které umožňují zvyšovat strmost valů a snižovat tak plochu pozemků nutných k jejich zřízení, neboť šířka valu v koruně je min. 2 m. Na povrchu valu se zřizuje vegetační ochrana (travní porost, keře, stromy).

Pohybem kolejových vozidel vzniká také hluk, který se šíří z kolejového roštu do pražcového podloží. Ten se projevuje především vibracemi a otřesy. Opatření proti zemnímu hluku spočívají zpravidla v omezení přenosu vibrací a otřesů vložením pružného materiálu do konstrukce pražcového podloží – antivibrační rohože.

**Obr. 3 Příklad použití antivibračních rohoží v pražcovém podloží na jednokolejné trati [23]**

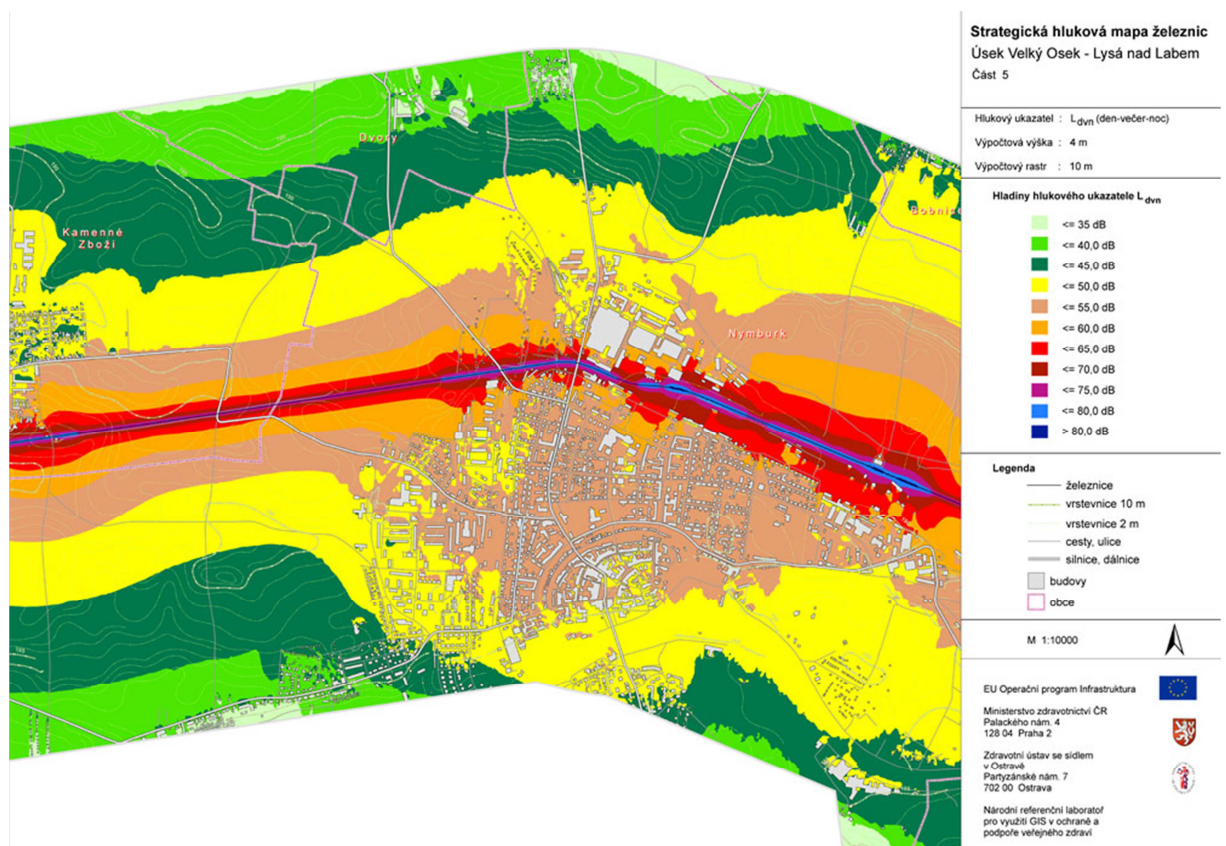


Pokud jde konkrétně o tramvajový provoz, závisí hlučnost opět jednak na stavu tramvajové trati a jednak na stavu vozového parku. Největší hustota tramvajové dopravy je pochopitelně v hlavním městě – Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s. se snaží dílem obnovovat vozový park nákupem nových tramvají s lepšími technickými (nejen hlukovými) parametry a rekonstrukcí starších vozů (např. zakrytí podvozku, lepší brzdy, tlumiče) a dílem rekonstruovat tratě za použití moderních technologií a materiálů, jako jsou například podkladové gumové rohože, a



více využívat zapuštěných tratí, které jsou o poznání méně hlučné. Pravidelné broušení kolejnic je součástí péče o stávající tratě. Nejlepších výsledků se však dosahuje při použití moderních postupů při stavbě tratí nových: je vhodné tratě plánovat v již existujících dopravních koridorech (dochází tak k vzájemnému maskování hluku a náklady na protihluková opatření se významně sníží), v těsném okolí tramvajových tratí plánovat pokud možno jinou než obytnou výstavbu, vybudování protihlukových clon a zastávek, jejichž zastřešení má také charakter clony, zakrytí oblouků na trati v podjezdech a především samotné uložení kolejnic na tlumících rohožích, na šterkovém loži nebo jejich zatravnění, použití dřevěných pražců v nejvíce exponovaných úsecích namísto pražců betonových, které hůře tlumí vibrace, investice do výměny oken objektů podél trati apod. Je ovšem potřeba si uvědomit, že na druhé straně se tramvaje pohybují často v centru města mezi množstvím neukázněných chodců a mají relativně dlouhou brzdovou dráhu, tudíž „ztišováním“ tramvajů dochází ke snížení bezpečnosti chodců a je tedy potřeba investovat do lepšího zabezpečení – a signalizační zařízení také nejsou úplně nehlučná.

**Obr. 4 Strategická hluková mapa železnic [25]**



## 7.2. Protihluková opatření

Řada protihlukových opatření, která se dají využít při snižování hlukové zátěže, již byla uvedena v předchozí kapitole. Nyní se je tedy pokusím sumarizovat.

Pokud si uvědomíme všechny nežádoucí účinky, která má nadměrná hluková zátěž jak na obyvatele, tak na životní prostředí jako celek, není pochyb o tom, že jí budeme považovat za nežádoucí. A jako takovou je potřeba jí minimalizovat. Z praktického hlediska pak stojíme před dvěma základními otázkami – konkrétní omezení musí být technicky možné a zároveň i ekonomicky realizovatelné. Pokud jde o technické hledisko, má hluková zátěž oproti jinému znečištění životního prostředí nepopíratelnou výhodu – relativně přesně se chová podle fyzikálních zákonů, nekumuluje se v prostředí a nezanechává žádná rezidua, lze tedy aplikovat výpočtové metody a vytvářet prognózy s větší přesností než u prognóz znečištění např. chemickými škodlivinami.

Pokud jde o ekonomické hledisko, není k němu příliš co dodat, neboť všechna protihluková opatření musí být i finančně únosná a jejich efekt musí vynaloženým prostředkům odpovídat. Samozřejmě by bylo správné uvažovat kromě měřitelného snížení hluku i takové efekty, jako je snížení nemocnosti (a tím vzrůst produktivity, snížení sociálních výdajů a zvýšení příjmů z daní) apod., ovšem tyto efekty jsou velmi obtížně kvantifikovatelné. Vzhledem k tomu, že v případě hluku se jedná o negativní externalitu, většina vynaložených prostředků bude pocházet z veřejných rozpočtů a jejich výše bude tedy hlavně politickou záležitostí.

Shrňme - li tedy, jaká protihluková opatření je možné použít, na prvním místě bude prevence – tzn. pečlivé plánování nových dopravních cest s ohledem na plány rozvoje obcí, tvorba protihlukových map, které pomáhají obyvatelům vyvarovat se oblastí s nadměrným hlukem a snaha omezovat dopravu v centrech měst pomocí programů preference městské hromadné dopravy, stejně tak jako přesouvat nákladní dopravu ze silnic na ekologičtější železnici.

Při stavbě nových dopravních cest je nutné využívat terénu (např. železnice pod úrovní terénu bude méně hlučná), stávajících dopravních koridorů (tzv. maskování hluku) a používat moderní materiály (pružný asfalt na povrch vozovek, odpružení kolejnic). Pokud je k dispozici odpovídající prostor, je velmi dobrým protihlukovým opatřením výsadba zeleně, s citem je možné umísťovat protihlukové valy a stěny. V krajních případech lze dopravu regulovat např. omezením počtu jízdnic pruhů nebo rychlosti. Nesmíme ovšem opomenout i technický pokrok, který umožňuje vyrábět jak dopravní prostředky, dopravní cesty, tak i

protihluková zařízení v čím dál větší kvalitě s co nejmenším negativním vlivem na životní prostředí.

Za další stupeň protihlukových opatření lze považovat opatření prováděná přímo na stavbách – především izolaci fasád domů, výměnu oken a reorganizaci obytných místností (pokud je to možné) tak, aby místnosti, kde se požaduje největší klid (např. ložnice, nemocniční pokoje), byly umístěny co nejdále od zdrojů hluku.

Ruku v ruce s výše uvedenými opatřeními samozřejmě musí jít legislativa jak národní, tak aplikace směrnic Evropské unie, a její vymahatelnost.

## 8. Cíl práce

Vzhledem k tomu, že Praha je již tradičně v působení hluku na obyvatele nejhůře postiženou oblastí České republiky, je na místě věnovat pozornost snižování hlukové zátěže. Nejvýznamnějším zdrojem hluku ve městě je samozřejmě doprava – nejvíce automobilová. V rámci akčního plánu snižování hluku byla realizována řada protihlukových opatření a také dochází k preferenci městské hromadné dopravy. V centru Prahy, tedy hlukově velmi zasažené oblasti, je povrchová MHD zajišťována převážně tramvajovou dopravou.

Tramvajová doprava je z hlediska hluku ovšem sama o sobě poměrně problematická – tramvajová souprava vážící několik desítek tun se pohybuje po kolejích – to představuje podstatný zdroj hluku. Vše je ovšem potřeba vidět v souvislostech, takže nelze přehlížet pozitivní efekt snížení individuální přepravy při použití tramvají, nicméně bychom neměli rezignovat ani na snižování hluku tramvajové dopravy samotné. Dopravní podnik již realizoval řadu protihlukových opatření jak na jednotlivých tratích, tak na tramvajových vozech. Vozový park se stále obnovuje – zlepšují se jeho hlukové charakteristiky? To se pokusím v praktické části mé práce zjistit.

Díky vstřícnosti liberecké firmy Ekosoft, jmenovitě Ing. Jana Nováka, Ph.D. a mému zaměstnání v Dopravním podniku hl. m. Prahy a.s., se mi podařilo získat přístup ke studii „Lokalizace zdrojů hluku tramvají“ objednané Dopravním podnikem u výše jmenované firmy. Jedná se o studii, která se věnuje sedmi typům používaných tramvají a lokalizuje nejvýznamnější zdroje hluku u těchto jednotlivých typů, čímž dává návod k tomu, na jaké jejich části se při snaze o snížení hluku zaměřit. Vzhledem k tomu, že mám přístup i k prvotním datům z jednotlivých měření, rozhodl jsem se je využít k jinému účelu – a to porovnání celkové hlučnosti jednotlivých typů tramvají.

## 9. Typy měřených tramvají

Pro měření byly vybrány tyto konkrétní vozy:

Tab. 7 Ukazatele působení nadměrného hluku v Praze [31]

Typ vozu	Evidenční číslo	Provozovna
T3R.P	8331	Pankrác
T3R.PLF	8271	Vokovice
T3SU	7222	Žižkov
T6A5	8713	Žižkov
KT8D5	9008	Hloubětín
KT8D5.RN2P	9087	Hloubětín
14T	9157	Hloubětín

### 9.1. T3R.P (T3 Rekonstrukce, výzbroj Progress)

Jedná se o modernizované vozy T3, jejich sériová rekonstrukce byla zahájena v roce 2001 v šumperské společnosti Pars Nova – modernizována byla skříň vozu a také trakční výzbroj (klasická odporová výzbroj se zrychlovačem byla nahrazena moderní bezkontaktní IGBT výzbrojí TV-PROGRESS firmy Alstom) a samozřejmě došlo k úpravám podvozku (upravené převodovky). Dále došlo k řadě dalších změn, které ovšem na hlučnost vozů neměly vliv, proto se jim nebudu věnovat. V započaté modernizaci pak pokračoval vlastními silami Dopravní podnik samotný – v Ústředních dílnách v Hostivaři. Tento typ vozů je vůbec nejčastější (356 ks) a je přidělený do vozovny Pankrác, Kobylisy a Vokovice.

Obr. 5 T3R.P ve smyčce Sídliště Řepy [32]



## 9.2. T3R.PLF (T3 Rekonstrukce, výzbroj Progress, Low floor)

Jedná se opět o modernizované vozy T3, jak ovšem zkratka napovídá, tentokrát nízkopodlažní. V roce 2006 první skříně s nízkopodlažní střední částí ke kompletaci v Ústředních dílnách dodala firma ČKD Pragoimex. Tento typ se kromě skříně odlišuje i bezkontaktní IGBT výzbrojí TV-PROGRESS částečně umístěné ve střešních kontejnerech a částečně pod vozidlem a podvozky vybavenými silnějšími motory (oproti vozům T3R.P) TE022H/TE033 o jmenovitém výkonu cca 44 kW, doplněnými o kotoučovou brzdu Dako M1 a novými typy kolejnicových brzd. Vozy mají jiný průjezdní profil, proto jsou odlišeny vínovo-stříbrným lakem. Do provozu byl první vůz zařazen v roce 2007, v současnosti jich DP vlastní 30 ks a jsou zařazeny do vozovny Vokovice.

Obr. 6 T3R.PLF ve smyčce Vypich [32]



## 9.3. T3SU

Opět další typ vycházející z vozů T3, v současnosti s počtem 232 ks druhý nejčastější, ale starší než oba výše uvedené – jedná se tentokrát o novou výstavbu, nikoliv rekonstrukci. Výroba vozů typu T3 byly již ukončena, ale vývoj nového typu dokončen ještě nebyl, takže se v roce 1982 vrátila do výrobního programu tramvaj T3, ale s úpravami pro export (uzavřená kabina řidiče, jiné uspořádání sedadel...).

Obr. 7 T3SU [32]



## 9.4. T6A5

Vůz T6A5 je jednosměrný motorový vůz s podvozkem s dvojím vypružením a elektrickou výzbrojí TV3. Značně se liší exteriérem - nátěrem a typickými velkými hranatými okny. V nástavbě na střeše jsou umístěny brzdové odporníky a odporník výhybky. Zcela nově je řešeno ovládání vozu ručním řadičem. Panel řízení je nově uspořádán a je do něj integrován ovladač palubního počítače. První vozy vyjely do Pražských ulic z vozovny Motol již v roce 1995, nyní jsou přiděleny také do vozoven Žižkov a Strašnice v celkovém počtu 150 ks.

Obr. 8 T6A5 ve smvčce Sídliště Řepy [32]



## 9.5. KT8D5

Tato obousměrná článková tramvaj se dveřmi v jedné rovině se v Praze objevila v roce 1985. Jednotlivé články spojují klouby, které spočívají na středních podvozcích, mezera mezi články je zakryta měchem a v interiéru gumovými zástěnami, stanoviště řidiče je na obou koncích vozu. Vozy byly nejprve přiděleny do vozovny Motol, později do vozovny Hloubětín - nyní jich DP provozuje už jen 13 kusů a najdeme je ve vozovně Hloubětín.

Obr. 9 KT8D5 u Národního divadla [32]



## 9.6. KT8D5.RN2P

Tento typ je další v řadě modernizovaných tramvají, tentokrát z původního typu KT8D5 s vložením středního nízkopodlažního článku. Rekonstrukce vozu spočívala především v provedení kompletní generální opravy kostry skříně, dále byla provedena generální oprava podvozků, původní výzbroj TV3 byla nahrazena stejnosměrnou trakční výzbrojí TV Progress (umístěnou pod podlahu) a vozy byly osazeny moderními pantografy. Došlo také k řadě protihlukových úprav: k zakrytí prostoru spřáhla a v maximální možné míře byly zakrytovány i podvozky. Plenty (nejspodnější část bočnice), které zakrývají převážnou většinu podvozkové části vozu, jsou nastříkány speciálním protihlukovým nástřikem ochraňujícím vůz proti vyzařování hluku do okolí. První zrekonstruovaný vůz byl Dopravnímu podniku předán v roce 2005. Nyní jich v pražských ulicích můžeme potkat 30 ks a na trasu vyjíždějí z vozovny Hloubětín.

Obr. 10 KT8D5.RN2P v Dejvicích [32]



## 9.7. 14T

Tramvaj Škoda 14T byla odpovědí Dopravního podniku na vzrůstající potřebu nízkopodlažní tramvaje v pražském provozu. 14T je pětičlávková nízkopodlažní jednosměrná tramvaj - články skříně jsou mezi sebou kloubově spojeny, přičemž články 1, 3 a 5 jsou uloženy na třech shodných dvounápravových podvozcích, z nichž každý je poháněn dvěma asynchronními trakčními motory o výkonu 90 kW, které tvoří vždy jednu motorovou skupinu. Každý z hnacích podvozků je napájen vlastním trakčním měničem IGBT. Tramvaj má pryží odpružená kola, primární vypružení je provedeno pryžokovovými prvky, sekundární vypružení je doplněno hydraulickými tlumiči. Převodovka je dvoustupňová s čelními koly se šikmým ozubením, přenos kroutícího momentu z trakčního motoru je proveden pružnou



zubovou spojkou. Začátkem roku 2006 byl zahájen zkušební provoz s cestujícími z vozovny Motol, dnes jich v běžném provozu jezdí 60 ks, všechny jsou vypravovány z téže vozovny (v době měření byly tyto tramvaje přechodně přiděleny i do vozovny Hloubětín).

**Obr. 11 14T v Modřanech [32]**



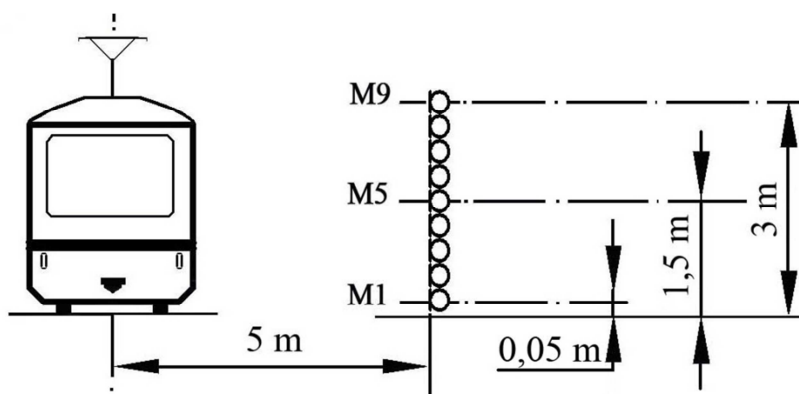
## 10. Vlastní měření

Pro vlastní měření byly tedy zvoleny výše uvedené vozy. Vzhledem k tomu, že rychlosti dosahované na běžných linkách se velmi liší, byly pro měření zvoleny reprezentativní rychlosti 15 km/h a 40 km/h.

Použité měřicí zařízení bylo založeno na platformě PULSE dánské firmy Brüel & Kjær. K analyzátorům Pulse byly připojeny jednotlivé snímače vibrací, mikrofony a optická brána, která zajišťovala informaci o projetí tramvaje měřeným úsekem.

Byly provedeny dva typy měření – v blízkém poli pro lokalizaci zdrojů hluku v bezprostřední blízkosti pohybující se tramvaje a měření ve vzdálenosti 5 m pro posouzení celkové hlučnosti tramvaje s odstupem. Byl sestrojen speciální přípravek pro měření, který zahrnoval devět měřicích mikrofonů v řadě nad sebou. Použité mikrofony byly značky B&K typu 4189 a 4165, samozřejmě zajištěné proti vlivu povětrnostních vlivů. Měřené signály byly zpracovány pomocí systému PULSE s analyzátoři B&K 3560 C a B&K 3560 B.

**Obr. 12 Rozmístění mikrofonů**



Samotná měření se konala dne 10. a 11. 12. 2009 v ulici Českomoravská. Toto místo bylo zvoleno Dopravním podnikem jako optimální vzhledem k odpovídající kvalitě povrchu a profilu kolejového úseku – na rovném a přehledném úseku bylo možné lépe vyloučit vliv okolní dopravy. Měření byla prováděna v nočních hodinách za běžného provozu, ale začátky měření byly voleny tak, aby byl vliv projíždějících aut eliminován.

Tramvaje byly měřeny ve směru do centra města, bohužel se tento předpoklad vzhledem ke zhoršujícímu se počasí dne 11. 12. 2009 nepodařilo dodržet – měření bylo nutné urychlit, takže se přistoupilo k měření i při jízdě z centra, kde se ovšem na trati nacházel kolejový spoj, takže toto musíme mít na paměti při hodnocení hlučnosti tramvajů T3R.PLF, KT8D5.RN2P a 14T.

## 11. Vyhodnocení měření

Díky vstřícnosti firmy Ekosoft, s.r.o. se mi podařilo získat primární data z výše uvedeného měření. Pro vyhodnocení hluku tramvají jsem si zvolil data týkající se měření ve vzdálenosti 5m, která lépe než měření v blízkém poli odpovídá vnímání hluku lidmi v okolí tramvají.

Primární data měla tuto strukturu: obsahovala 150 měření v rychlosti 15 km/h a 150 měření v rychlosti 40 km/h vždy pro každou ze sedmi vybraných tramvají a pro každou její stranu a každý z devíti mikrofonů. Celkem tedy 37800 jednotlivých výsledků měření akustického tlaku v dB s přesností na 9 desetinných míst.

Po utřídění těchto dat vyvstala otázka, jaká kritéria zvolit k hodnocení hlučnosti vozů jako takové. Především se jako základní statistická veličina nabízí průměr. Je to veličina s poměrně dobrou vypovídací schopností, ale bohužel s tím problémem, že jediná výrazně odlišná hodnota může ovlivnit průměr takovým způsobem, že jeho výsledkem je číslo nevystihující původní záměr. Vzhledem k tomu, že měření ovlivnilo špatné počasí a nutnost měřit hladinu akustického tlaku i na koleji se spojem, dá se očekávat, že se v souboru vyskytnou měření s vysokou hodnotou způsobenou právě přejížděním kolejového spoje a zrychlováním tramvaje. V takové situaci bych dal přednost jiné charakteristice – mediánu, který není tedy tolik ovlivněn extrémními hodnotami. Rozhodl jsem se tedy pro medián jako základní veličinu pro hodnocení hlučnosti tramvají, přesto pro lepší ilustraci situace budu uvádět i průměr. Jako další pomocná kritéria jsem zvolil maximum (tady je ovšem potřeba být opatrný při hodnocení zkreslených měření) a minimum. Pro zhodnocení konzistentnosti dat jsem také vypočítal rozptyl měření.

Dále jsem stál před otázkou, zda pro vyhodnocení použít data ze všech mikrofonů jednotlivě, nebo zda hodnoty všech devíti mikrofonů sečíst, samozřejmě nikoli prostým součtem, ale podle vzorce pro výslednou hladinu  $n$  zvuků o intenzitách  $I_1, I_2, \dots, I_n$ :

$$L = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

Po úvaze jsem zvolil prosté hodnoty, neboť se jedná o měření ze vzdálenosti 5 m, takže si lze představit, že ve výšce a na místě některého mikrofonu se bude nacházet hlava konkrétního (různě vysokého) člověka, který bude vnímat hluk stejně, jak ho mikrofon změřil. Z tohoto důvodu byla použita data všech devíti mikrofonů. Jiná situace by pak byla při vyhodnocování měření v blízkém poli.

## 12. Výpočty a jejich rozbor

Základní charakteristiky souboru dat zvlášť pro obě zvolené rychlosti nalezneme v níže uvedených tabulkách:

Tab. 8 Výpočty základních charakteristik v rychlosti 15 km/h

Typ tramvaje	15 km/h				
	Medián	Průměr	Maximum	Minimum	Rozptyl
14T	65,8296	65,8761	75,9801	57,8709	7,1124
T6A5	66,3236	66,0936	71,7013	58,4920	4,9027
KT8D5	67,2293	67,0484	72,2667	59,2547	3,6621
T3SU	69,5689	69,2852	75,2610	60,6862	5,6020
KT8D5.RN2P	69,6529	69,6603	79,4004	61,9350	7,3062
T3R.P	70,3285	70,2212	76,5787	63,0599	4,2316
T3R.PLF	71,3365	70,9513	77,0090	63,2553	6,0216

Tab. 9 Výpočty základních charakteristik v rychlosti 40 km/h

Typ tramvaje	40 km/h				
	Medián	Průměr	Maximum	Minimum	Rozptyl
14T	77,8625	77,8906	86,0658	71,5506	5,1489
T6A5	77,8591	77,6333	82,3321	71,5462	3,8060
KT8D5	79,8400	79,6123	86,1642	71,4083	6,0842
T3SU	80,3835	80,2128	88,5758	71,9921	7,8662
KT8D5.RN2P	80,9452	80,9007	92,4990	70,5543	9,1726
T3R.P	78,3660	78,1423	84,8030	70,5495	5,1359
T3R.PLF	78,1878	78,1321	85,1960	72,2683	3,7014

Pro vyhodnocení hlučnosti jednotlivých tramvají zvolíme následující „bodový“ systém: místo konkrétních hodnot použijeme pořadí tramvaje v konkrétní charakteristice, tj. 1 jako nejlepší, 7 jako nejhorší. Pro vyhodnocení použijeme tato kritéria: medián, maximum a minimum. Aby byla zdůrazněna klíčová role mediánu, aplikujeme na výsledky váhový systém, kdy medián budeme násobit dvěma a ostatní kritéria jednou. Tramvaj s nejnižším počtem „bodů“ pak budeme hodnotit nejlépe.

V souladu s uvedenou metodikou dostaneme následující výsledky:

**Tab. 10 Pořadí základních charakteristik v rychlosti 15 km/h**

Typ tramvaje	15 km/h				
	Medián	Maximum	Minimum	Součet	Pořadí
T6A5	2	1	2	7	1
14T	1	4	1	7	1
KT8D5	3	2	3	11	3
T3R.P	6	5	6	23	6
T3SU	4	3	4	15	4
T3R.PLF	7	6	7	27	7
KT8D5.RN2P	5	7	5	22	5

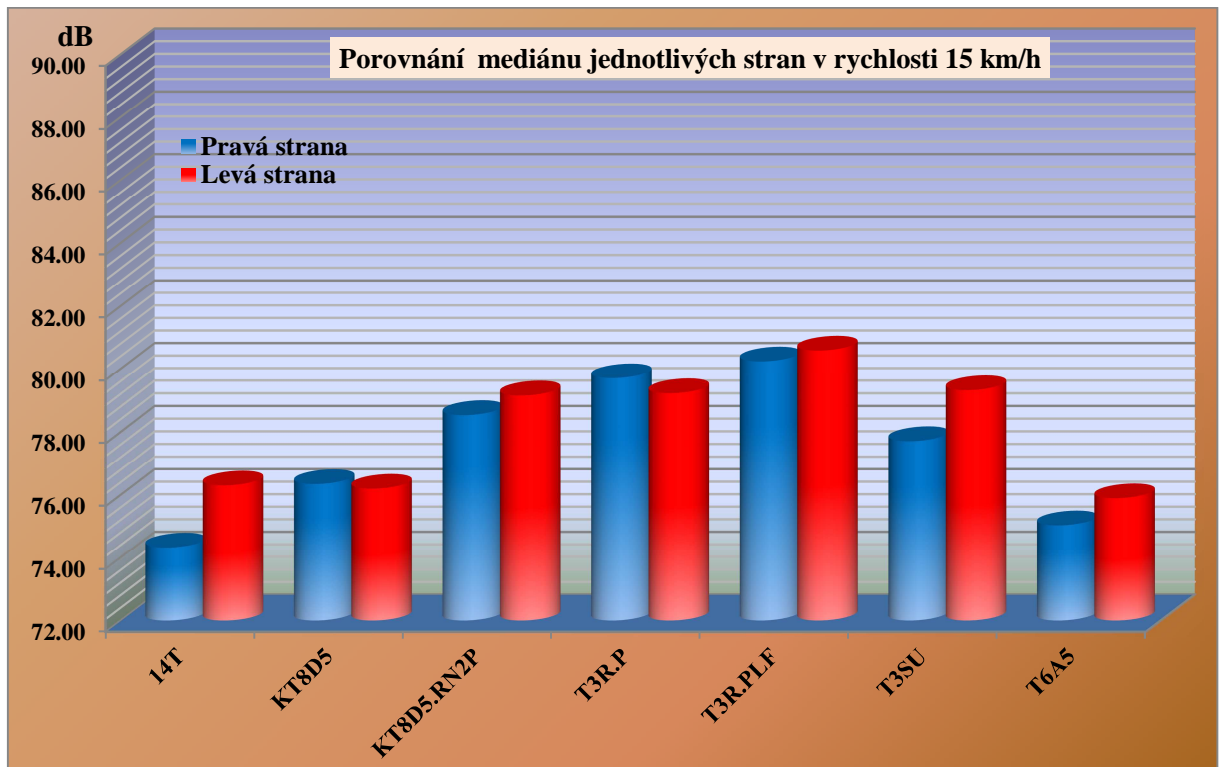
**Tab. 11 Pořadí základních charakteristik v rychlosti 40 km/h**

Typ tramvaje	40 km/h				
	Medián	Maximum	Minimum	Součet	Pořadí
T6A5	1	1	4	7	1
14T	2	4	5	13	3
KT8D5	5	5	3	18	5
T3R.P	4	2	1	11	2
T3SU	6	6	6	24	7
T3R.PLF	3	3	7	16	4
KT8D5.RN2P	7	7	2	23	6

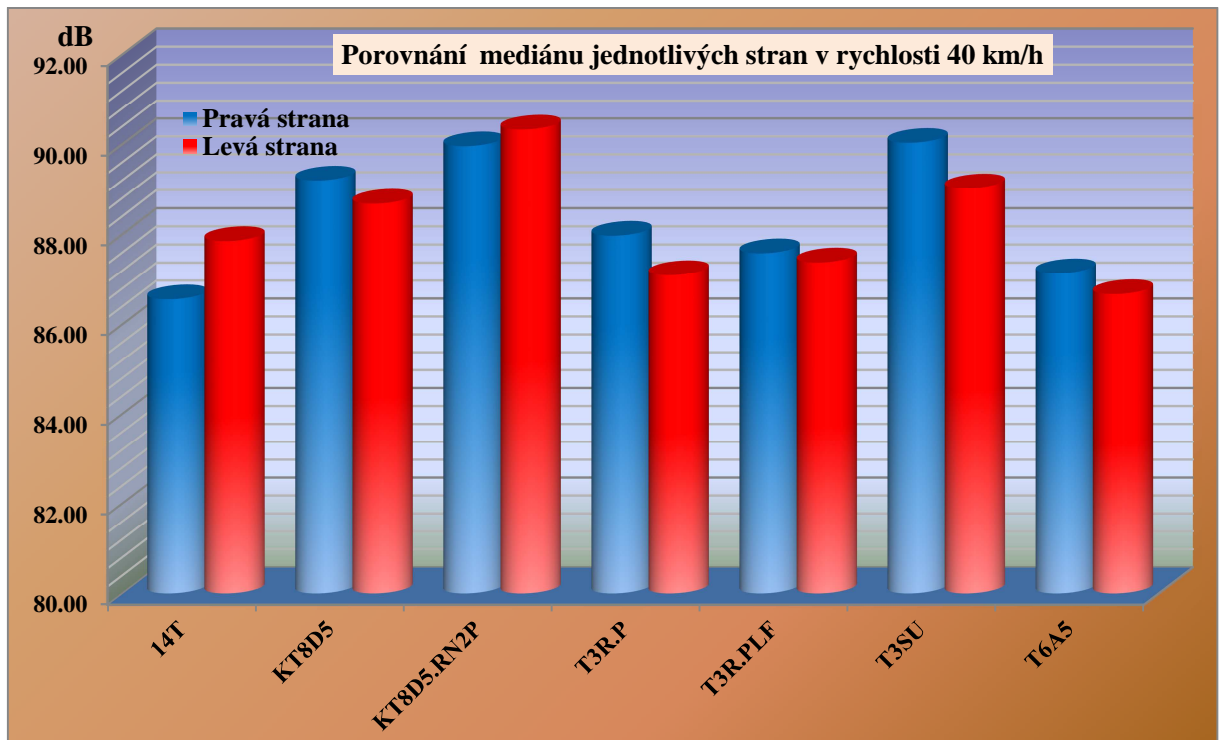
**Tab. 12 Pořadí jednotlivých typů tramvají celkem**

Typ tramvaje	Součet celkem	Pořadí celkem
T6A5	14	1
14T	20	2
KT8D5	29	3
T3R.P	34	4
T3SU	39	5
T3R.PLF	43	6
KT8D5.RN2P	45	7

Graf 1 Porovnání mediánu jednotlivých stran v rychlosti 15 km/h



Graf 2 Porovnání mediánu jednotlivých stran v rychlosti 40 km/h



## 12.1. T6A5

Tramvaj typu T6A5 test možná poněkud překvapivě vyhrála - překvapivě proto, že předstihla i 14T, tramvaj mnohem mladší, a to o poměrně značný počet bodů. Když se podíváme blíže na příčiny, tak zjistíme, že tento typ tramvaje má poměrně konzistentní hodnoty s nízkým rozptylem. Měření v rychlosti 15 km/h jsou sice dobrá, ale tam si prvenství před 14T nevybojovala, v této rychlosti vychází porovnání nerozhodně, naopak bych se spíše přiklonil k preferenci 14T, protože její pozici zhoršuje především maximum, a maximum je to, co vylepšuje pozici T6A5 - tady je potřeba věnovat pozornost možnému ovlivnění měření 14T, viz výše. U typu T6A5 je tedy v této rychlosti hlavním kladem konzistence měření, kdy zejména pravá strana má velmi nízký rozptyl, u levé je vyšší, pravděpodobně díky statickému měniči, ale i tak v celkovém porovnání rozptylu na ni vychází 3. místo s hodnotou 4,9 (oproti 6. místu pro 14T s výrazným odstupem a hodnotou 7,11). Naměřené hodnoty se zvyšují se zvyšujícím se umístěním mikrofonu, ale rozstup mezi krajními mikrofony je poměrně malý.

Kde však tato tramvaj vítězí především, je v měření v rychlosti 40 km/h. Tam obsadila po právu první místo, i když její náskok není ve skutečnosti tak velký, jak by se mohlo zdát. Medián i průměr jsou nejlepší ze všech testovaných tramvajů, ovšem s minimálním odstupem od druhé 14T. Čím 14T ale převyšuje nejvíce, je bezkonkurenčně nejnižší maximum – rozdíl mezi 1. a 2. pořadím je zde téměř 2,5 dB. T6A5 má celkově velice vyrovnané hodnoty (druhý nejnižší rozptyl) a to jak mezi oběma stranami, tak i mezi jednotlivými mikrofony, kdy nejvyšší rozdíl je cca 2 dB. Je zajímavé, že pravá i levá strana vykazuje vyvážené hodnoty, přičemž pravá má poněkud vyšší variabilitu a maximum, levá naopak lepší medián i minimum. Naměřené hodnoty se s rostoucí výškou mikrofonu zvyšují, ovšem nejvyšší hodnoty vykazuje mikrofon č. 8, který má zejména na pravé straně výrazně vysoký rozptyl.

## 12.2. 14T

O této nejnovější tramvaji se zmiňuje i předchozí podkapitola, neboť jako nejnovější z testovaných tramvajů obsadila až druhé místo. Pojďme se na příčiny podívat podrobněji:

Pokud jde o měření v rychlosti 15 km/h, umístila se tato tramvaj na společném prvním místě s T6A5, ovšem alespoň „morálně“ by jí prvenství dle mého názoru připadnout mělo, neboť mediánem (i průměrem) a minimem obsadila první místo, její pozici zhoršuje pouze maximum, které je až na čtvrtém místě. A při jeho posuzování musíme mít na mysli zkreslení díky přejezdu kolejového spoje a zrychlování vozu. Ovšem její nevýhodou je nekonzistence

hodnot, rozptyl je druhý nejvyšší z testovaných tramvají, např. mezi mikrofony č. 1 až 9 je rozdíl 1,7 dB. V této rychlosti je podstatně méně hlučná pravá strana, u které jsou naměřené hodnoty nejvyšší u mikrofonu č. 7, na rozdíl od levé strany, kde nejhorší výsledky vykazuje mikrofon č. 9.

Rychlost 40 km/h už není tak silnou stránkou 14T. I když rozptyl se o něco zlepšil, stále dosahuje vyšších hodnot (4. místo), medián (i průměr) obsadily druhé místo (i když s minimálním odstupem), zejména minimum a maximum pak způsobují její odsun z předních pozic. Také v této rychlosti je méně hlučná pravá strana - levá strana vykazuje vysoký rozptyl (bezkonkurenčně nejvyšší na mikrofonu č. 9).

Bohužel, jak již bylo několikrát zmíněno, naměřené hodnoty byly ovlivněny přejížděním kolejového spoje a případným zrychlováním tramvaje, jehož vliv z nich nelze odfiltrovat. Pokud tedy odhlédneme od vysokého maxima, medián vykazuje v 15 km/h nejnižší hodnoty, ve 40 km/h pak téměř shodné hodnoty s nejlepší T6A5, které v této rychlosti kazí pouze vysoké minimum. Proto druhé místo této tramvaje nelze brát příliš dogmaticky.

### **12.3. KT8D5**

V celkovém pořadí třetí (ovšem již s výraznějším odstupem za prvními dvěma) tramvaj KT8D5 si svojí pozici zajistila především výsledky při rychlosti 15 km/h, které byly velice vyrovnané, s dalece nejmenším rozptylem ze všech testovaných vozů. Třetí medián a nízké maximum (na druhém místě) jen dokreslily situaci. Pravá strana je (na rozdíl od 14T) mírně hlučnější než levá, i když jejich hodnoty jsou poměrně vyrovnané – což je dané tím, že se jedná o obousměrný typ tramvaje se shodnou pravou i levou částí.

Při rychlosti 40 km/h vykazuje tato tramvaj poněkud horší hodnoty (v samostatném pořadí by byla až na 5. místě), medián i maximum jsou páté v pořadí (a to tato tramvaj nebyla ovlivněna zhoršenými podmínkami měření). Zajímavé je opět podívat se na jednotlivé strany tramvaje: levá strana vykazuje menší naměřené hodnoty, pravá je hlučnější, ale tentokrát s výraznějším rozdílem a velkým nárůstem rozptylu hodnot.

Poněkud nečekaně předčila ve svém pořadí i svojí mladší zrekonstruovanou verzi KT8D5.RN2P.



## 12.4. T3R.P

Tramvaj typu T3R.P na rozdíl od předchozího typu dopadla hůře v rychlosti 15 km/h – medián (i průměr) hodnot si zachovává předposlední místo s již značným odstupem od vítězů (naměřené hodnoty překročili 70dB), stejně by dopadla celá tramvaj v samostatném hodnocení v této rychlosti. Situaci nezachrání ani nižší maximum a konzistence naměřených hodnot. Obě strany jsou velmi vyrovnané a hladiny akustického tlaku vzrůstají se vzrůstající výškou mikrofonů.

Naopak v rychlosti 40 km/h podává T3R.P mnohem lepší výkon – v této rychlosti dokonce druhý nejlepší. Hodnoty jsou konzistentní, medián i průměr naměřených hodnot se drží na čtvrtém místě s poměrně malým odstupem od prvního v pořadí, situaci ještě vylepšuje nízké (2.) maximum a nejnižší minimum. Levá strana je tišší, nejvyšší rozptyl vykazuje mikrofon na sedmé úrovni.

## 12.5. T3SU

Na pátém místě se umístila další tramvaj typu T3, T3SU. V porovnání s předchozím typem ale vykazuje opačnou tendenci – lepší hodnoty v rychlosti 15 km/h, naopak ve 40 km/h se propadla na poslední místo.

Při nižší rychlosti jsou naměřené hodnoty poměrně konzistentní, mediánem (i průměrem) je tramvaj čtvrtá (i když s výrazným rozdílem 2,34 dB oproti třetí v pořadí), nízké maximum potvrzuje slušné výsledky. Pravá strana je ovšem trochu kazí, když vykazuje velké výkyvy – rozptyl je o celých 35 % horší než u strany levé, což je pravděpodobně způsobené umístěním výfuků chlazení odporové výzbroje dole v pravé prostřední části vozu.

V rychlosti 40 km/h však dosahuje horších výsledků – ve všech sledovaných kritériích je šestá v pořadí, mediánem i průměrem již překračuje hodnotu 80 dB. Hodnoty vykazují vysoký rozptyl – 7,87 (příčemž nejnižší je 3,70, z čehož je patrný velký odstup) a zejména vysoké maximum 88,59 dB s taktéž značným odstupem, ačkoliv zde nedošlo ke zkreslení podmínkami měření. K vysokému rozptylu přispívá zejména pravá strana (rozdíl rozptylu levé a pravé strany je 30 %).

## 12.6. T3R.PLF

Ačkoliv tato tramvaj byla zrekonstruována poměrně nedávno, výsledky naznačují, že bylo věnováno více pozornosti tomu, aby jako nízkopodlažní dostala závazkům dopravce. V rychlosti 15 km/h jsou naměřené hodnoty dokonce na posledním místě. Medián (i průměr) je nejhorší ze všech testovaných typů a to s velkým odstupem. Minimum je také sedmé, jen maximum se podařilo dostat se na šestou pozici. Levá strana vykazuje vyšší naměřené hodnoty, pravděpodobně z důvodu umístění ventilátoru chlazení na střeše vozu, a také jejich rozptyl je vyšší než u pravé strany.

Naopak při rychlosti 40 km/h jsou hodnoty o něco lepší, samostatně by se tramvaj umístila dokonce na čtvrtém místě. Když se však podíváme na hodnoty blíže, zjistíme, že na závěrečném pořadí má největší zásluhu nízké maximum a k tomu medián na třetím místě, rozptyl je nejnižší ze všech posuzovaných tramvají. Levá strana tramvaje je při tom mírně horší.

## 12.7. KT8D5.RN2P

Na rozdíl od předchozích tramvají, tento typ vykazuje horší výsledky v obou zkoumaných rychlostech. V obou vykazuje nejvyšší rozptyl, který potvrzuje vysoké výkyvy naměřených hodnot, ve 40 km/h je tento rozptyl nejhorší s velkým odstupem od předchozího. Výsledky zhoršuje především levá strana (přestože zde se stejně jako u KT8D5 jedná o obousměrný vůz), která je podstatně hlučnější a má i větší rozptyl. Medián naměřený v rychlosti 15 km/h na pátém místě, ale i tak s vyšší hodnotou, pak pořadí v souvislosti s nejhorším maximum (s velkým odstupem od předchozího) pořadí příliš nevylepší.

Situace se opakuje při vyšší rychlosti – absolutně nejhorší maximum (výrazně), stejně jako medián (i průměr) a rozptyl. Opět se na tom podílí zejména levá strana tramvaje, která má sice menší rozptyl, ale jinak horší medián, minimum a zejména maximum – zde obrovský rozdíl 5,84 dB mezi 7. a 6. místem (když další největší rozdíl je pouhých 1,64 dB) naznačuje, že pravděpodobně se bude jednat opět o vliv přejíždění kolejového spoje a zrychlování vozu. Ale i pokud pomíneme maximum, také ostatní hodnoty odkazují tuto tramvaj mezi nehlučnější vozy.

### 13. Vyhodnocení výsledků

Je zřejmé, že na vytváření závazných závěrů týkajících se hlučnosti jednotlivých typů tramvají by bylo potřeba uskutečnit mnohem více jednotlivých měření, bylo by nutné měřit různé tramvaje jednoho typu ve více rychlostech a zdokumentovat jejich technický stav. Samozřejmě také měřit vždy pokud možno za stejných podmínek, ne znehodnocovat data tím, že některé vozy budou přejíždět kolejový spoj a zrychlovat. Bohužel primární data byla pořízena za jiným účelem, ale i tak si myslím, že představu o problematice a některé zajímavé poznatky tato práce přinesla.

Předně prokázala nízkou hlučnost tramvají typu T6A5 a 14T. Možná zaujalo, že T6A5 v některých ohledech předčila 14T, ale jak bylo výše uvedeno – rozdíl je příliš malý na to, abychom zanedbali možnost ovlivnění příliš malým vzorkem dat, technickým stavem jednotlivých tramvají a různými podmínkami měření. Ale jestliže vezmeme v úvahu, že tramvaje typu T6A5 vyjely na pražské koleje již v roce 1995, zatímco 14T v roce 2006, tedy s odstupem jedenácti let, není rozdíl jejich výsledků tak výrazný, jak by se dalo očekávat.

Jako třetí se umístila tramvaj KT8D5, tedy tramvaj, která v Praze působí od roku 1985. Je ovšem potřeba upozornit, že odstup v naměřených hodnotách mezi předchozími dvěma tramvajemi a tímto typem je již výraznější.

Teprve od čtvrtého místa dále se o pořadí podělily rekonstruované tramvaje. Toto bych označil za velice zajímavý závěr – všechny rekonstruované tramvaje se umístily v závěrečném pořadí za vozy originálními a to i staršími. A to dokonce tramvaje rekonstruované v letech 2005 (KT8D5.RN2P) a 2006 (T3R.PLF) zaostaly za T3R.P (rekonstrukce 2001). Tento trend narušuje pouze T3SU, která se, jako nerekonstruovaná, umístila na pátém místě, ale tady je potřeba si uvědomit, že se jedná o vozy z doby ještě před rokem 1985, tedy více než 25 let staré, takže horší výsledky se daly očekávat. Naopak poněkud znepokojivý je trend, že čím mladší rekonstrukce, tím hlučnější vozy.

Pokud jde o ovlivnění výsledků přejížděním kolejového spoje a zrychlováním – bohužel tyto nebyly nijak označeny, ale pokud se podíváme na primární data, objevuje se u dotčených tramvají vždy několik měření, jejichž výsledky významně a na první pohled vyčnívají nad úroveň ostatních (obvykle do 7 % celkového počtu měření). Pokud tyto hodnoty odfiltrujeme, dostaneme u jednotlivých tramvají samozřejmě snížené maximum a také nižší medián – v žádné z případů však toto snížení nebylo tak výrazné, aby způsobilo průkaznou změnu pořadí.

## 14. Závěr

Nárůst intenzity dopravy je dlouhodobým trendem, který je jen obtížně regulovatelný. O to větší pozornost je tedy potřeba věnovat jeho negativním vlivům na člověka i životní prostředí jako celek. Toto platí zejména v hlukem nejvíce zatížené Praze a jejím centru.

V této práci jsem se pokusil nastínit jaká konkrétní rizika nadměrné hlukové zátěže s sebou přináší jednotlivé druhy dopravy se zaměřením na tramvajový provoz a naznačil jsem odpovídající protihluková opatření. V praktické části jsem se pokusil analyzovat změny vozového parku pražských tramvají z hlediska jejich hlučnosti. Závěry této analýzy sice naznačují zlepšující se trend se zařazováním nových typů vozů, nicméně rekonstrukce bývají vedeny zřejmě s jinými prioritami, než je snižování hlukové zátěže obyvatel. Doufejme, že technické i ekonomické možnosti do budoucna umožní zlepšení tohoto stavu.

## Použité informační zdroje

- [1] WIKIPEDIE, otevřená encyklopedie, heslo: *Zvuk* [online]. Poslední revize 8. 3. 2011 [cit. 16. 3. 2011]. Dostupné na <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk>>.
- [2] WIKIPEDIE, otevřená encyklopedie, heslo: *Hluk* [online]. Poslední revize 11.11.2010 [cit. 16. 3. 2011]. Dostupné na <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hluk>>.
- [3] REICHL, Jaroslav; VŠETIČKA, Martin. Encyklopedie fyziky. *Ucho – stavba a popis*. [cit. 16. 2. 2011]. Dostupné na <<http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=201>>.
- [4] *Účinky hluku na lidský organizmus*. Poslední revize 11. 8. 2005 [cit. 15. 2. 2008]. Dostupné na <[https://www.zdravcentra.cz/cps/rde/xchg/zc/xsl/3141\\_2646.html](https://www.zdravcentra.cz/cps/rde/xchg/zc/xsl/3141_2646.html)>.
- [5] ŠVOJGROVÁ, Pavla. *Negativní dopad hluku na zdraví a sluch*. Brno, 2006. 40s. Bakalářská práce na Fakultě sociálních studií Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí bakalářské práce PhDr. Mgr. Radka Horáková.
- [6] ŠOHAJOVÁ, Renata. *Vliv citlivosti k hluku na hodnocení environmentálních zvuků*. Brno, 2008. 70s. Bakalářská práce na Fakultě sociálních studií Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Tomáš Řiháček.
- [7] BARTLOVÁ, Adéla. *Negativní působení hluku a jeho prevence*. Brno, 2006. 59s. Diplomová práce na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí diplomové práce doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc.
- [8] BUKOVJANOVÁ, Eva. *Vliv hluku na životní prostředí*. Zlín, 2008. 33s. Bakalářská práce na Technologické fakultě Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí bakalářské práce Ing. Roman Slavík.
- [9] Státní zdravotní ústav, *Zdravotní účinky hluku*. [cit. 15. 1. 2011] Dostupné na <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zakladni-informace-o-monitorovani-hluku>>.
- [10] MORAVEC, Tomáš. *Jak hluk poškozuje sluch?* [cit. 16. 2. 2011]. Dostupné na <<http://www.asklepion.cz/anews-asklepion-news/anews-2007-news/anews-2007-42-2/jak-hluk-poskozuje-sluch.html>>.
- [11] Univerzita Pardubice, starší písemné práce, autor neveden. *Hluk a jeho působení na lidský organizmus (Monitoring hladiny hluku)*. [cit. 20. 2. 2011]. Dostupné na <<http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm>>.

- [12] MÁLEK, Petr; NĚMEC Petr. *Vliv emisí a hluku z dopravy na životní prostředí*. Seminární práce. Pardubice: UPCE 2002. [cit. 16. 2. 2011]. Dostupné na <[http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/22\\_SP\\_01.PDF](http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/22_SP_01.PDF)>.
- [13] DOUCHA, Pavel a spol. *Hluk ve vnějším prostředí, Právní rádce občana obtěžovaného hlukem*. [cit. 18. 2. 2011]. Dostupné na <<http://hluk.eps.cz/index.php?section=hluk&page=pravni-radce-obcana#a1>>.
- [14] ŠAFRÁNKOVÁ, Alice. *Právní ochrana proti hluku a vibracím*. Brno, 2006. 65s. Diplomová práce na Právnické fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí diplomové práce JUDr. Jana Dudová, Ph. D.
- [15] ENVIS – Informační servis o životním prostředí v Praze, sekce *Hluk*. [cit. 18. 2. 2011]. Dostupné na <<http://envis.praha-mesto.cz>>.
- [16] Ministerstvo životního prostředí ČR. *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2009*. [cit. 18. 2. 2011]. Dostupné na <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSG2HEG23/\\$FILE/Zprava\\_o\\_ZP\\_CR\\_2009.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSG2HEG23/$FILE/Zprava_o_ZP_CR_2009.pdf)>.
- [17] Ministerstvo dopravy ČR. *Ročenka dopravy České republiky 2009*. [cit. 18. 2. 2011]. Dostupné na <<https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2009/index.html>>.
- [18] Technická správa komunikací hl. m. Prahy, úsek dopravního inženýrství. *Ročenka dopravy Praha 2009*. [cit. 18. 2. 2011]. Dostupné na <<http://www.tsk-praha.cz/rocenka/udi-rocenka-2009-cz.pdf>>.
- [19] Technická správa komunikací hl. m. Prahy, úsek dopravního inženýrství. *Ročenka dopravy Praha 2008*. [cit. 18. 2. 2011]. Dostupné na <<http://www.tsk-praha.cz/rocenka/udi-rocenka-2008-cz.pdf>>.
- [20] Řízení letového provozu, sekce *Ochrana životního prostředí*. [cit. 20. 2. 2011]. Dostupné na <[http://www.rlp.cz/generate\\_page.php3?page\\_id=1084](http://www.rlp.cz/generate_page.php3?page_id=1084)>.
- [21] Ministerstvo zdravotnictví ČR, *hlukové mapy*. [cit. 20. 2. 2011]. Dostupné na <<http://hlukovemapy.mzcr.cz/>>.
- [22] Ministerstvo zdravotnictví ČR, *strategické hlukové mapy*. [cit. 20. 2. 2011]. Dostupné na <[www.mzcr.cz/Verejne/Pages/23-zverejnovani-udaju-o-shm-dle-vyhlasiky-c-5232006-sb.html](http://www.mzcr.cz/Verejne/Pages/23-zverejnovani-udaju-o-shm-dle-vyhlasiky-c-5232006-sb.html)>.
- [23] KREJČÍŘÍKOVÁ, Hana. *Nové prvky a technologie výstavby železničních tratí v České republice*. [cit. 19. 2. 2008]. Dostupné na <<http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=621>>.

- [24] HRÁDEK, Štěpán. *Protihluková opatření na tramvajové trati Hlubočepy - Barrandov. I tramvaj může být tichá...* ISSN 1213-6395. Poslední revize 3. 8. 2007 [cit. 18. 2. 2011]. Dostupné na <http://www.izolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2335>.
- [25] Aktuálně.cz, článek *Bydlíte u železnice? Podívejte, zda a jak vás ničí hluk*. Poslední revize 16. 6. 2007 [cit. 17. 2. 2011]. Dostupné na <http://aktualne.centrum.cz/clanek.phtml?id=%20447930>.
- [26] *Narizení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. [cit. 16. 2. 2011]. Dostupné na [http://portal.gov.cz/wps/portal/\\_s.155/701?kam=zakon&c=148/2006](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?kam=zakon&c=148/2006).
- [27] *Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví*. [cit. 16. 2. 2011]. Dostupné na [http://portal.gov.cz/wps/portal/\\_s.155/701?number1=258%2F2000&number2=&name=&text=6](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?number1=258%2F2000&number2=&name=&text=6).
- [28] *Vyhláška č. 523/2006 Sb., kterou se stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě (vyhláška o hlukovém mapování)*. [cit. 16. 2. 2011]. Dostupné na [http://portal.gov.cz/wps/portal/\\_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/\\_s.155/701?PC\\_8411\\_number1=523/2006&PC\\_8411\\_l=523/2006&PC\\_8411\\_ps=10#10821](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_number1=523/2006&PC_8411_l=523/2006&PC_8411_ps=10#10821).
- [29] Národní referenční laboratoř pro komunální hluk, Metodické návody – *Náležitosti protokolů z měření hluku*. [cit. 10. 3. 2011]. Dostupné na [www.nrl.cz/metodika/soubory/nalezitosti-protokolu.doc](http://www.nrl.cz/metodika/soubory/nalezitosti-protokolu.doc).
- [30] Ministerstvo zdravotnictví ČR, Metodický návod ze dne 11. 12. 2001 pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí [cit. 20.3. 2011]. Dostupné na [http://www.nrl.cz/metodika/postup\\_prostredi.php](http://www.nrl.cz/metodika/postup_prostredi.php).
- [31] NOVÁK, Jan. *Lokalizace zdrojů hluku tramvajů*, akustická studie. Liberec 2010. 115 s.
- [32] *PRAŽSKÉ TRAMVAJE, stránky o minulosti, současnosti a budoucnosti nejen pražských tramvajů*. ISSN 1802-9994. [cit. 18. 2. 2011]. Dostupné na [www.prazsketramvaje.cz](http://www.prazsketramvaje.cz).
- [33] KRČMA, Tomáš. *Hluk v drážní dopravě a způsoby jeho snižování*. Pardubice. 17s. Seminární práce na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice.
- [34] FLORIÁN, Václav. *Měření hluku*. České Budějovice, 2008. 135s. Diplomová práce na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Vedoucí diplomové práce RNDr. František Špulák.

## Seznam tabulek, obrázků a grafů

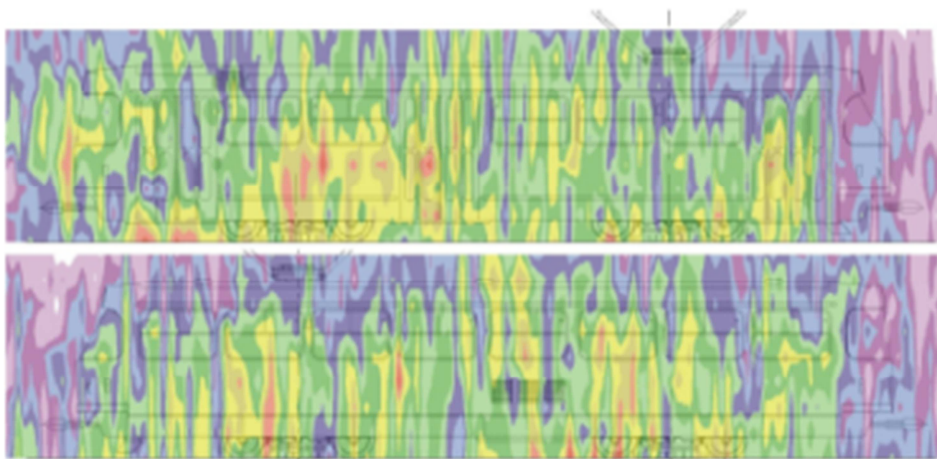
Tab. 1 Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb [26]	18
Tab. 2 Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru [26] .....	19
Tab. 3 Příklady vnímání hluku člověkem [1].....	20
Tab. 4 Mezní hodnoty strategických hlukových map [28].....	28
Tab. 5 Ukazatele působení nadměrného hluku v Praze [15].....	30
Tab. 6 Výsledek analýzy hlukem dotčené populace za všechny zpracovávané úseky tratí [25] .....	31
Tab. 7 Ukazatele působení nadměrného hluku v Praze [31].....	37
Tab. 8 Výpočty základních charakteristik v rychlosti 15 km/h.....	44
Tab. 9 Výpočty základních charakteristik v rychlosti 40 km/h.....	44
Tab. 10 Pořadí základních charakteristik v rychlosti 15 km/h.....	45
Tab. 11 Pořadí základních charakteristik v rychlosti 40 km/h.....	45
Tab. 12 Pořadí jednotlivých typů tramvají celkem .....	45
Obr. 1 Stavba ucha [3] .....	13
Obr. 2 Strategická hluková mapa Prahy 2007 [21] .....	29
Obr. 3 Příklad použití antivibračních rohoží v pražcovém podloží na jednokolejné trati [23].....	32
Obr. 4 Strategická hluková mapa železnic [25] .....	33
Obr. 5 T3R.P ve smyčce Sídliště Řepy [32] .....	37
Obr. 6 T3R.PLF ve smyčce Vypich [32] .....	38
Obr. 7 T3SU [32] .....	38
Obr. 8 T6A5 ve smyčce Sídliště Řepy [32] .....	39
Obr. 9 KT8D5 u Národního divadla [32].....	39
Obr. 10 KT8D5.RN2P v Dejvicích [32] .....	40
Obr. 11 14T v Modřanech [32] .....	41
Obr. 12 Rozmístění mikrofónů .....	42
Graf 1 Porovnání mediánu jednotlivých stran v rychlosti 15 km/h .....	46
Graf 2 Porovnání mediánu jednotlivých stran v rychlosti 40 km/h .....	46



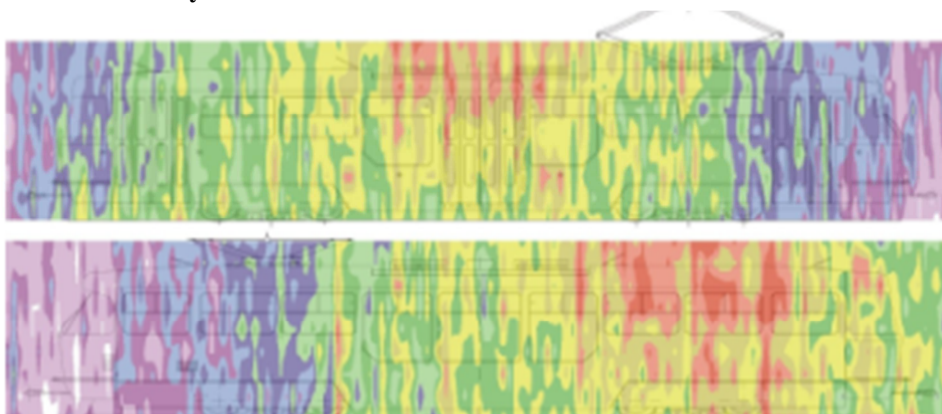
## **Přílohy**

Grafické znázornění naměřených hodnot jednotlivých typů tramvají [32]

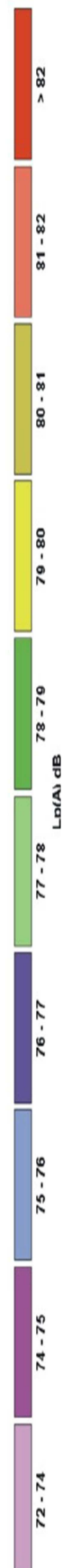
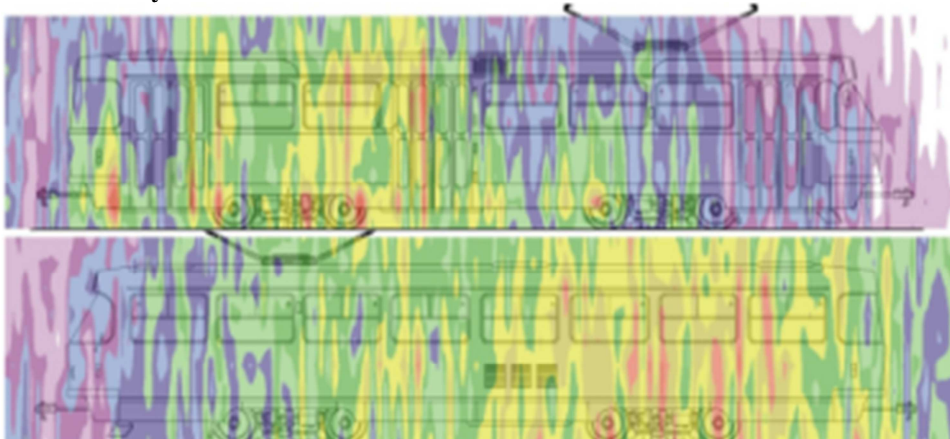
T3R.P – celkový hluk – 15 km/h



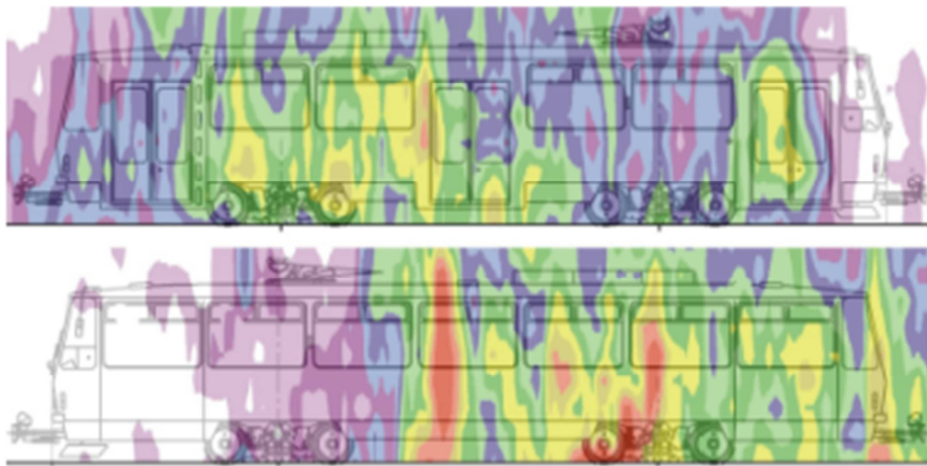
T3R.PLF – celkový hluk – 15 km/h



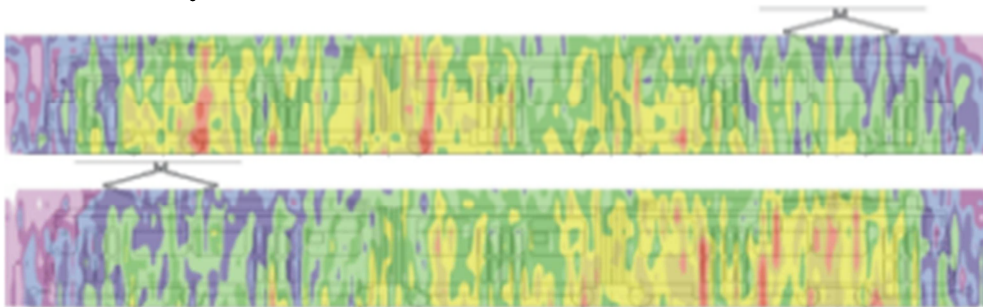
T3SU -- celkový hluk – 15 km/h



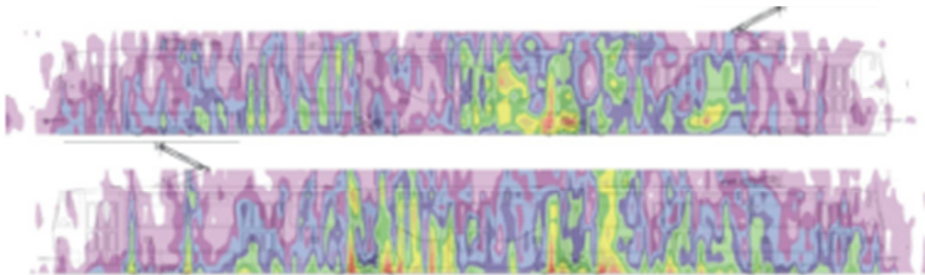
T6A5 -- celkový hluk – 15 km/h



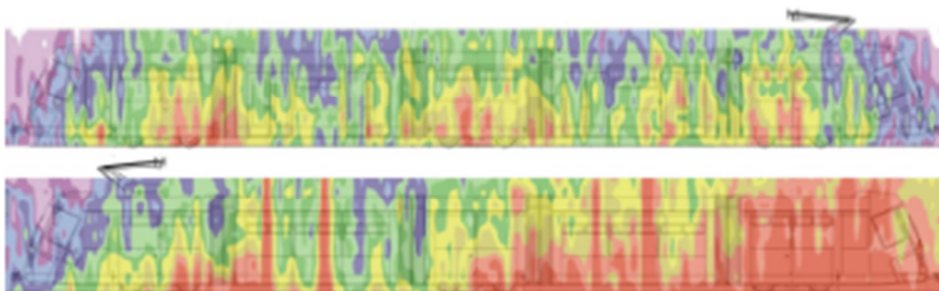
KT8D5 -- celkový hluk – 15 km/h



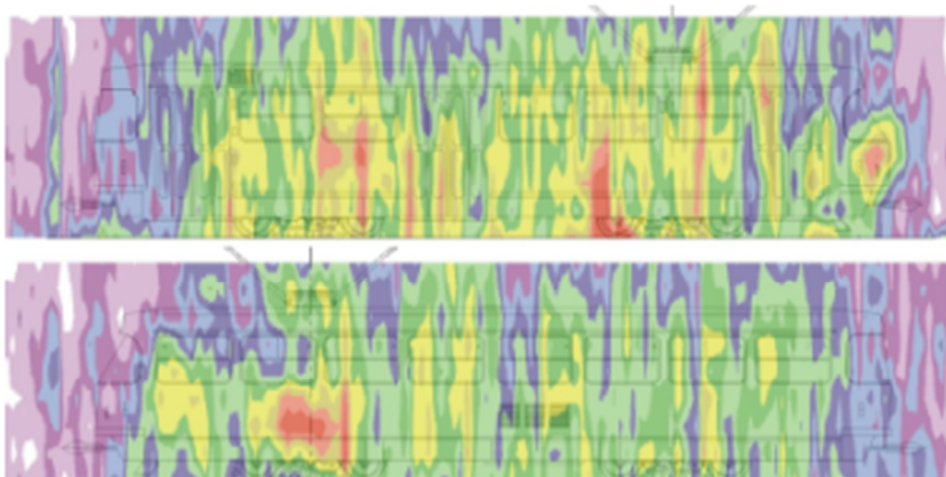
KT8D5.RN2P -- celkový hluk – 15 km/h



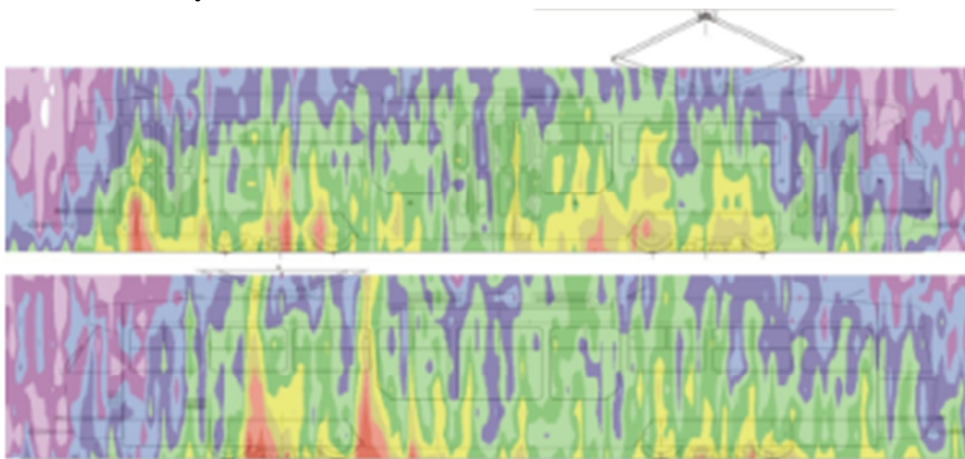
14T -- celkový hluk – 15 km/h



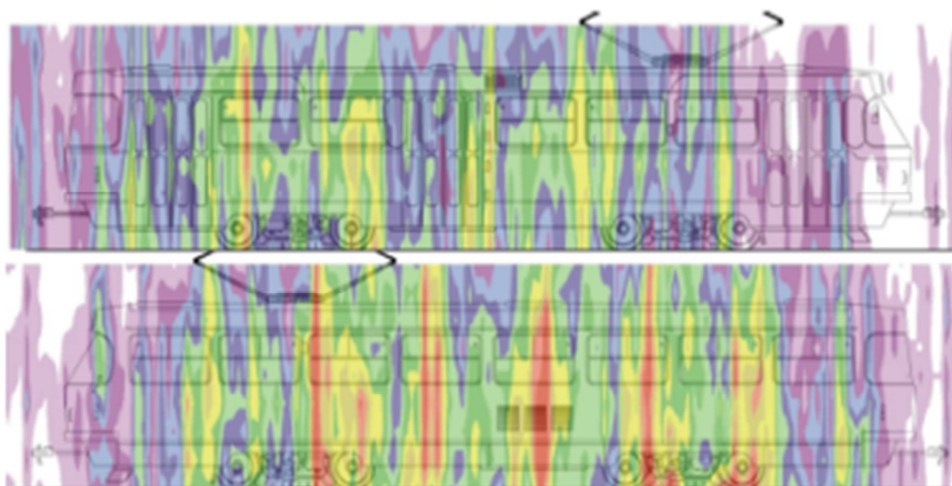
T3R.P – celkový hluk – 40 km/h



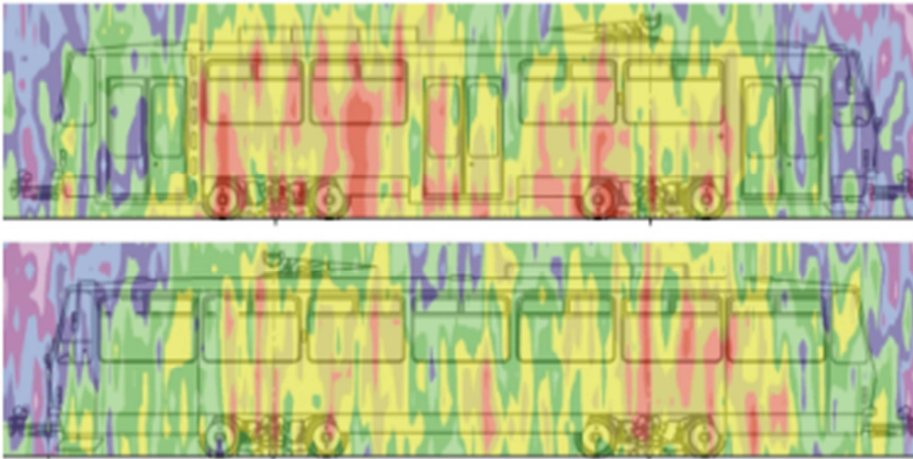
T3R.PLF – celkový hluk – 40 km/h



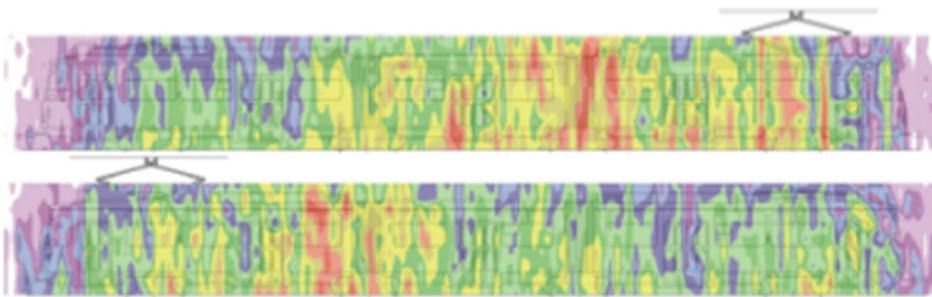
T3SU -- celkový hluk – 40 km/h



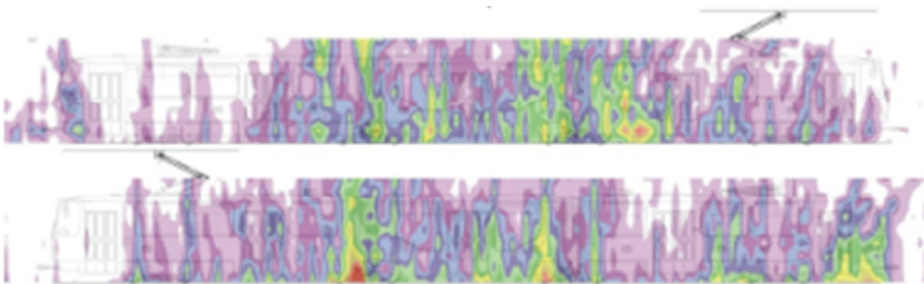
**T6A5 -- celkový hluk – 40 km/h**



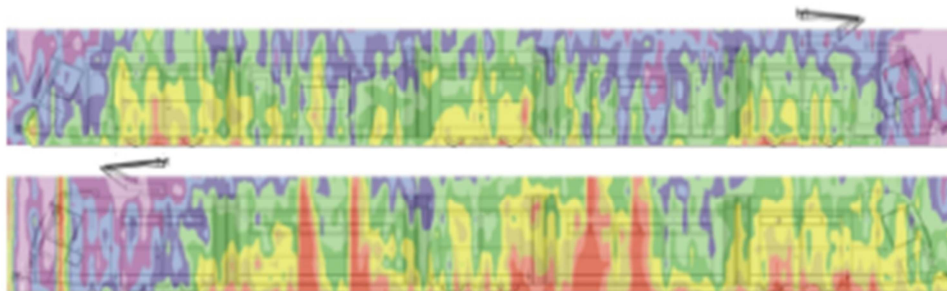
**KT8D5 -- celkový hluk – 40 km/h**



**KT8D5.RN2P -- celkový hluk – 40 km/h**



**14T -- celkový hluk – 40 km/h**



### Nejvýznamnější zdroje hluku jednotlivých typů tramvají [32]

Dominantní zdroje hluku pro rychlost 15 km /h:

Typ vozu	Dominantní zdroje zvuku
T3R.P	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka
T3R.PLF	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka
T3SU	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka
T6A5	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka, I. převodový stupeň
KT8D5	elektromotor, převodovka
KT8D5.RN2P	elektromotor, převodovka
14T	elektromotor, buzení elektromotoru, vysoké fr. (frekvenční měnič), převodovka

Dominantní zdroje hluku pro rychlost 40 km /h:

Typ vozu	Dominantní zdroje zvuku
T3R.P	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka
T3R.PLF	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka
T3SU	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka
T6A5	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka, I. převodový stupeň
KT8D5	elektromotor, převodovka, I. převodový stupeň, II. převodový stupeň
KT8D5.RN2P	elektromotor, převodovka, I. převodový stupeň
14T	elektromotor, buzení elektromotoru, převodovka, I. převodový stupeň